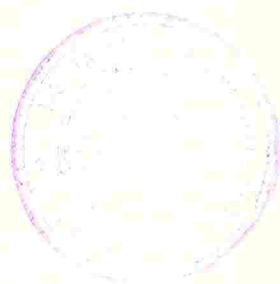


RAKENNUSKONEIDEN KÄYTÖN JA MASSAN- SIIRTOKETJUN TOIMIVUUDEN NYKYTILA

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Rakentamistalouden toimisto
Helmikuu 1981

08
T/E



81 291

TIIVISTELMÄ

Tämän tutkimuksen tehtävänä on antaa analysoitua tietoa rakennuskoneiden käytön nykytilasta. Analysoinnissa on painotetusti haluttu tuoda esiin niitä ongelmia, joita koneiden käytöstä ja massansiirtoketjun toiminnasta voidaan löytää.

Tutkimuksen tehtävänä on siis omalta osaltaan herättää motivaatiota koneiden käytön tehostamiseksi suunnittelun, valvonnan ja seurannan keinoin. Tämän lisäksi tietoja tullaan käyttämään lähtötietoina muussa alan kehittämistyössä. Tutkimuksen tiedot pohjautuvat erilliseen seurantatutkimukseen (1979-80) sekä laskentajärjestelmän antamiin tietoihin.

Tutkimuksessa on selvitetty koneiden käytön tehokkuutta ja ajankäyttöä, massansiirtoketjun toimivuutta ja taloudellisuutta sekä sen mitoituksen tasoa. Tutkimus sisältää tietoja myös koneiden käytön jakautumisesta sekä käytön kehityksestä viime vuosien aikana.

Koneiden käyttöosuuksien tarkastelun mukaan:

- n. 60 % omien töiden konetyökustannuksista kohdistuu maanleikkaus- ja pengerrystöihin sekä sitomattomien päällysrakennekerrosten rakentamiseen ja kustannusmerkitykseltään selvästi suurin kone on hydraulinen kaivukone (KKH)
- pyöräkuormaajan (KUP) käyttö varsinaisessa maanleikkaustyössä on suhteellisen vähäistä, vaikka sen käyttö esim. kantamistyössä on todettu edulliseksi
- kerrosmateriaalien kuormauksessa KUP:n ja KKH:n käyttöosuuksien suhde on muuttunut hivenen KKH:n hyväksi, joka tehokkuus, materiaalit ja vuokraushinnat huomioiden ei liene oikea suuntaus
- nelivetotraktorin (TRN) käytön lisääntyminen levitystyössä ja samalla puskutraktorin (PT) käytön lievä vähentyminen on merkki positiivisesta muutoksesta, mutta samalla tiehöylän (TH) käytön suhteellisen käyttöosuuden kasvu

nimenomaan jakavan ja kantavan kerrosten yhteydessä herättää aiheellisesti kysymyksen, onko tämä ollut tarpeen vai onko kysymys turhasta tasoittelusta ja siloittelusta

- tiivistyskoneiden osuus on jatkuvasti vähentynyt eli voidaan kysyä, onko laatuseikat jätetty liian vähälle huomiolle
- traktorikaivuria (KKT) käytetään edelleen paljon erityisesti ojitus- ja rumputöissä; työsaavutus huomioiden ei KKT ole useinkaan kilpailukykyinen KKH:een verrattuna.

Koneiden ajankäyttö- ja tehokkuustietojen mukaan:

- kaivu- ja kuormauskoneiden ajankäytön tarkastelu osoittaa, että keskimäärin 6-17 % työvuoron ajasta on eräänlaista hukka-aikaa autojen odotuksista ja turhista aputöistä aiheutuen
- aikataksalla työskenneltäessä KKH ja KUP saavuttavat keskimäärin 70 %:sti vastaavan hyvän suoritustason mukaisen (TS-kortti) arvon (työvuorokapasiteetti, K3); poikkeuksen muodostavat isot KKH:t (≥ 30 t), jotka keskimäärin ovat saavuttaneet TS-arvon
- urakkataksalla kuormaustyön työsaavutus on keskimäärin 20-25 % aikataksaa parempi johtuen ajan tehokkaamnasta käytöstä sekä paremmasta työvauhdista; pienemmät KUP:t (≤ 13 t) pääsevät suhteellisesti parempiin tuloksiin (verrattuna TS-tietoihin) kuin isot, joiden suuri teoreettinen maksimikapasiteetti aiheuttaa suuria vaatimuksia toimivuuden suhteen (työketju ei "vedä" kunnolla)
- kaivu- ja kuormauskoneiden työsaavutus on pudonnut vuodesta -73 kaikki hanketyypit huomioiden keskimäärin 10-20 % ja pelkästään rakentamis- ja suuntauksen parantamishankkeilla n. 5-10 %, vaikka tuotekehitystä on jatkuvasti tapahtunut

- levityskoneet ovat kuormaukseen nähden usein ylimitoitettuja eli pienempi kone (esim. TRN) olisi riittänyt ainakin joka toisessa havaituista kohteista ja lisäksi levityskoneina käytetään isoja, vääriä, kalliita koneita (TH, KKH)
- kerrosmateriaalien levityksissä TRN:n käyttö on jo suhteellisen yleistä, joskin käyttöä voidaan vielä lisätä.

Koko työketjun toimivuustutkimuksen mukaan:

- kuljetuskalusto mitoitetaan vaihtelevasti ja ylimitoitustapauksia havaittiin selvästi enemmän kuin alimitoitusta; tuotantopalkkiotaksan käyttö tuonee mitoituksen tarkennustarpeen konkreettisesti esille taloudellisuuden suhteen
- kuljetuskaluston lievän ylimitoituksen vallitessa kuormaa ja pääsee keskimäärin parempaan työtehoon eli ylimääräiset autot "hiostavat" kuormaukseen siihen tehokkuuteen, johon se muutenkin pääsisi; kuitenkin vasta sitten, kun kuormauksen työsaavutuksen alhainen taso on seurannalla todettu eikä työsaavutusta ole voitu kohottaa työnjärjestelyllisin keinoin, on syytä miettiä kuljetuskaluston lisäämistä tehostavana toimenpiteenä
- poikkeaminen mitoituksen optimista aiheuttaa odotteluista ja jonottamisista turhia kustannuksia sitä jyrkemmin mitä enemmän työketjuun on sidoksissa tuntitaksaan sidottuja resursseja (kuorma, levitys, tiivistys, miestyö, kuljetuksissa tuotantopalkkion aikaosuus)
- ketjun toiminnan häiriöitä kuvaa myös optimimitoitustilanteissa (kuorma-autoja TS-kortin ilmoittama määrä) tapahtuneet odotukset (KKH:lla keskimäärin 10 % ja KUP:lla keskimäärin 17 % työvuoron ajasta), jotka ovat suuremmat, mitä ketjun haitariliikkeestä keskimäärin aiheutuu (7 %).

Tutkimuksen johtopäätöksinä voidaan todeta mm., että:

- urakkataksan käyttö kuormaustyössä on edullista, joten sen käyttömahdollisuuksia on lisättävä työkohteiden tarkemmalla etukäteissuunnittelulla, jotta saadaan riittävän tarkkaa tietoa urakkatarjouksia varten sekä myös toteutuksen seurannan pohjaksi
- työketjun eri osien kapasiteetit ovat liian usein epätasapainossa, joten ketjukokonaisuus täytyy suunnitella samanaikaisesti hankekokonaisuus huomioiden toimivuuden varmistamiseksi ja lisäksi vaihtoehtoisia menettelyitä on syytä tutkia useita
- työnjärjestelyn tason nykyinen "repsahdus" johtuu paljolti siitä, että työnjohdolta puuttuu motivaatiota jatkuvaan työn kriittiseen tarkasteluun, jota hyvätasoinen työnjärjestely nimenomaan edellyttää ja asiantilan korjaamiseksi on luotava selviä, tarpeeksi yksinkertaisia työn seurantasysteemejä sekä järjestettävä jatkuvasti informatiivista koulutusta.

Laajassa mielessä on siis paneuduttava koko suunnittelu - toteutus - seurantaprosessin kehittämiseen optimoimalla koko massansiirtoketjun tehokkuutta ja taloudellisuutta.

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	KUSTANNUSLAJI KONETYÖT	2
2.1	Konetyökustannusten jakautuminen	2
2.2	Konetyön tuottavuus ja taloudellisuus	4
3.	MAARAKENNUSKONEIDEN KÄYTTÖTUNTIJAKAUTUMAT JA KESKI- MÄÄRÄISET KONEKOOT 1973 - 1979 (OMAT TYÖT)	5
3.1	Maanleikkaus- ja pengerrystyöt	5
3.2	Sitomattomat päällysrakennekerrokset	10
3.3	Raivaustyöt, avo-ojitus ja rumputyöt	13
4.	KONEIDEN KÄYTÖN TEHOKKUUS KENTTÄTUTKIMUSTEN POHJALTA	16
4.1	Yleistä tukimuksesta	16
4.2	Koneiden työsaavutusten vertailu työnsuun- nittelutietoihin (TS-tiedot) ja ajankäyttö	18
4.21	Hydraulinen kaivukone (KKH) maan- leikkauksessa	20
4.22	Pyöräkuormaaja (KUP) maanleikkaus- ja pengerrystöissä	28
4.23	Pyöräkuormaaja päällysrakennekerros- materiaalien kuormauksessa	31
4.24	Arvio työsaavutuseroista piirien välillä	39
4.3	Levitystyöt	40
4.31	Maaleikkausmassojen levitys ja läjitys	40
4.32	Sitomattomien päällysrakennekerrosten levitys	46
4.4	Kenttätutkimuksen olosuhdetietoja	50
4.41	Maanleikkaustyöt	50
4.42	Sitomattomat rakennekerrokset	52

5.	MASSANSIIRTOKETJUN TOIMIVUUS JA TALOUDELLISUUS	53
5.1	Yleistä	53
5.2	Kuormaus - kuljetus	55
5.3	Kuormaus - levitys	68
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUUNTAUKSET	70

1. JOHDANTO

Karkeilla tunnusluvuilla mitattuna koneiden käytön kehitys ei ole kulkenut 70-luvun loppupuolella toivottuun suuntaan. Myös hajatiedot koneiden tehokkuuden huonontuneesta tasosta ja koneiden käytön suunnittelun puutteellisuuksista antoivat pontta näiden asioiden selvittämiseksi.

Vuoden 1979 keväällä käynnistettiin tutkimusprojektiin liittyvä kenttätutkimus, jonka tavoitteena oli paljastaa koneiden käytön heikot kohdat, selvittää koko massansiirtoketjun mitoituksen ja tahdistuksen nykytila sekä analysoida koko työketjun toimivuutta.

Analysointien tavoitteena oli tuoda esiin koneiden käyttöön ja massansiirtoketjun toimivuuteen liittyvät epätaloudelliset käyttötavat ja ongelmat, joiden pohjalta voitaisiin antaa toimenpidesuosituksia päämääränä tuottavuuden kohottaminen ja taloudellisuuden parantaminen.

Tutkimuksen on tehnyt DI Antti Rinta-Porkkunen (Rrt). Hänen työtään on valvonut työryhmä, johon kuuluivat DI O. Penttinen (puh.joht., Rrt), DI Jussi Ala-Fossi (Rrt), tekn.lis. Jouko Kankainen (Rrt), DI Hannu Kulju (KPP), ins. Pauli Pouttu (Rtr), ins. Antti Tuokkola (Rrt).

2. KUSTANNUSLAJI KONETYÖT

2.1 Konetyökustannusten jakautuminen

Konetyökustannusten kannalta merkittävimmät työt ovat maan leikkaus- ja pengerrystyöt (1500) sekä sitomattomat päällysrakennekerrokset (1600). Nämä kattavat noin 60 % omien töiden konetyökustannuksista (taulukko 1).

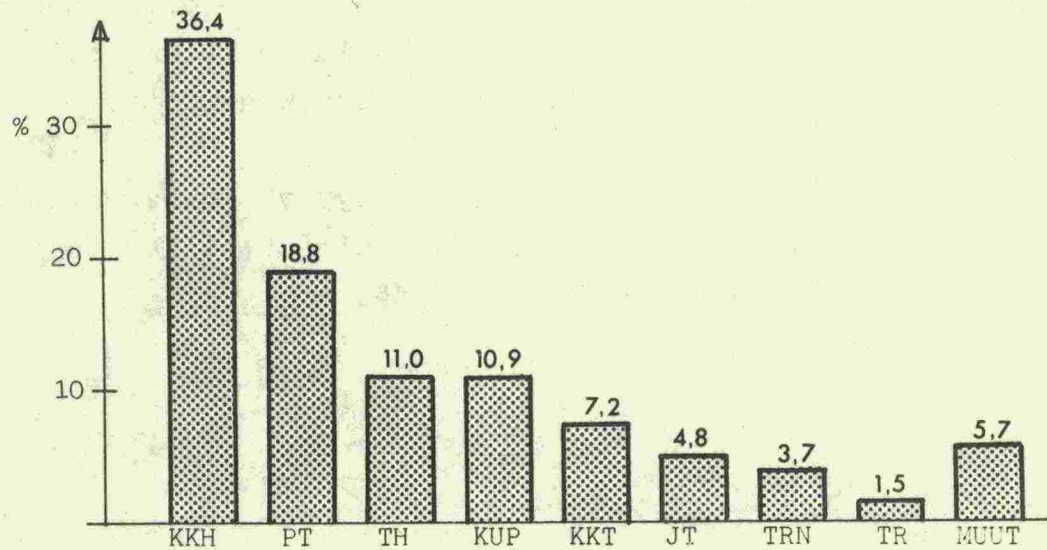
Urakkatöihin sisältyy myös erinäinen määrä konetyötä, joten kokonaisuutena konetyö edustaa huomattavaa panososuutta.

Taulukko 1. Konetyökustannusten jakautuminen 1977-79 sekä konetyön ja kuljetusten osuus kaikista ao. litteran kustannuslajeista v.-79. (Omat työt)

LITTERA	1977		1978		1979		Kaikista kust.lajeist.	
	Mmk	%	Mmk	%	Mmk	%	Konetyö %	Kuljetus %
1100	4,1	4,7	5,5	6,4	7,5	7,4	21,3	17,9
1200	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	16,1	12,8
1300	11,2	12,9	11,6	13,5	14,6	14,3	27,6	20,9
1400	2,8	3,2	3,6	4,2	3,7	3,6	24,2	17,5
1500	30,2	34,8	27,7	32,3	33,2	32,5	38,6	41,2
1600 (v.-77 1610-30)	22,9	26,4	22,5	26,2	26,7	26,2	26,1	42,7
1700 (v.-77 1640-90)	2,0	2,3	0,8	0,9	0,8	0,8	3,0	5,3
1800 (v.-77 1700)	5,6	6,4	10,9	12,7	12,1	11,9	15,5	15,7
Muut	7,8	9,0	2,9	3,4	3,0	2,9	16,1	11,5
YHTEENSÄ	86,9	100,0	85,8	100,0	102,0	100,0	Keskim. 24,2	Keskim. 27,3
(TR-IND 232 v.-79)	(94,2)		(89,3)		(102,0)			

Rakennuskoneiden käyttöä onkin jäljempänä käsitelty erityisesti juuri maanleikkaus- ja päällysrakennekerrosten rakentamisen kannalta. Myös tehdyt kenttätutkimukset kohdistuivat etupäässä ko. töihin.

Koneiden kustannusten kannalta tärkeimpiä litteroita (1100, 1300-1600) tarkasteltaessa kustannuksiltaan selvästi suurimerkityksellisin kone on hydraulinen kaivukone (KKH). Sen osuus esimerkiksi pyöräkuormaajaan (KUP) verrattuna on yli 3-kertainen (kuva 1).



Kuva 1. Koneiden osuus kaikista konetyökustannuksista 1100, 1300-1600 litteroilla v.1979.

2.2 Konetyön tuottavuus ja taloudellisuus

Konetyön tuottavuuskehitys ei ole ollut tavoitteiden mukainen. Vuodesta 1978 vuoteen 1979 on konetyö tuotostieyksikköä (kth/ttm) kohti lisääntynyt noin 1 % ja konetyö edistävää kuutiometriä kohti (kth/em³) on pysynyt vastaavana aikana samana.

Avainlitteroitain tarkasteltuna on konetyön määrä (kth/yks) kautta linjan lisääntynyt viimeisten 3-4 vuoden aikana lukuunottamatta sitomattomia päällysrakennekerroksia.

Konetyökustannusten kannalta tärkeimpien litteroiden osalta on konetyön indeksillä korjattu yksikkökustannus ollut noususuunnassa viimeisten kahden vuoden aikana lukuunottamatta rumputöitä sekä jakavan ja kantavan kerroksen konetöitä.

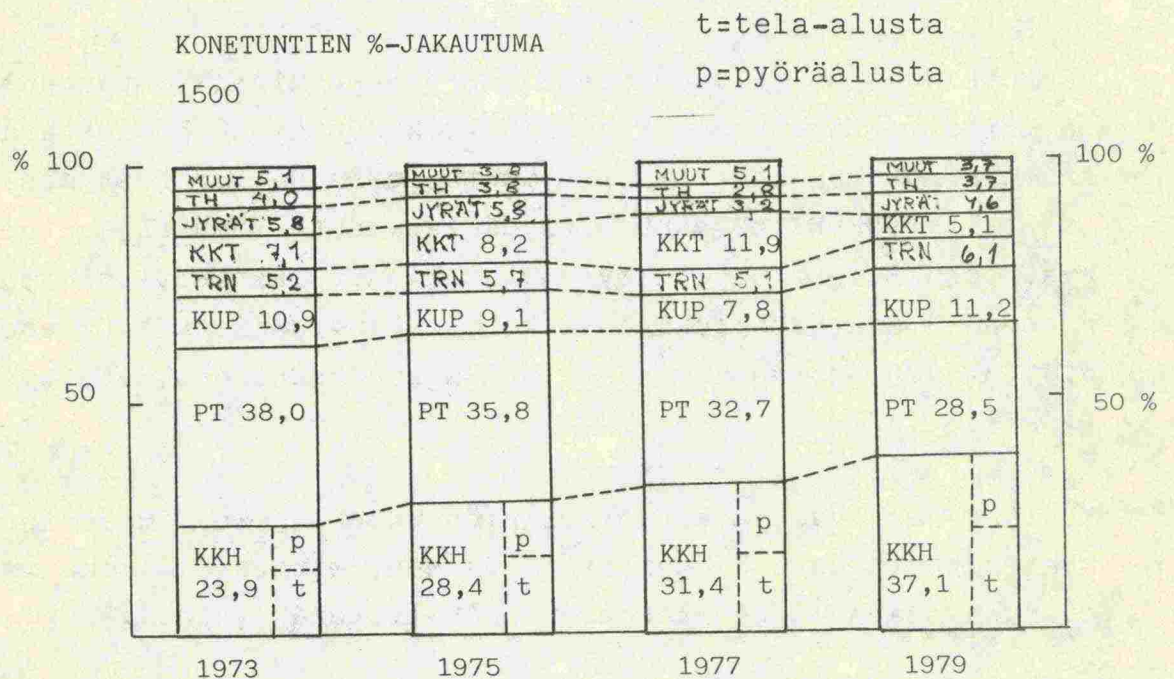
Tämän suuntainen kehitys tuskin selittyy yksin rakentamisen luonteen muuttumisella tai vaikeilla olosuhteilla, vaan kysymys on koneiden tehottomasta käytöstä.

3. MAARAKENNUSKONEIDEN KÄYTTÖTUNTIJAKAUTUMAT JA KESKIMÄÄRÄISET KONEKOOT 1973-1979 (OMAT TYÖT)

3.1 Maanleikkaus- ja pengerrystyöt

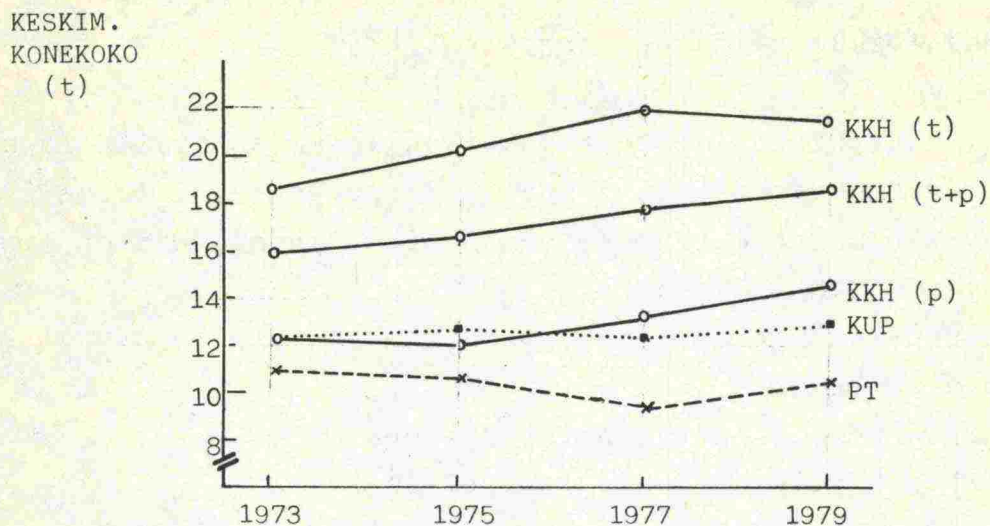
Maanleikkaustöissä (littera 1500) on koneiden osalta tapahtunut merkittäviä muutoksia vuodesta 1973 vuoteen 1979 (kuva 2):

- hydraulisten kaivukoneiden suhteellinen osuus on lisääntynyt 24 %:sta 37 %:iin
- puskutraktoreiden osuus on vastaavasti pienentynyt 38 %:sta 28 %:iin
- KUP:n käyttö on pysynyt tasaisena
- TRN:n käyttö on lähtenyt lievään nousuun
- muiden koneiden käyttö on suhteellisesti laskusuunnassa (KKT, jyrät, TH).



Kuva 2. Koneiden käytön suhteelliset osuudet maanleikkaus- ja pengerrystöissä 1973-1979.

Hydraulisten kaivukoneiden suhteellisen osuuden lisääntyminen tuntuu sitäkin merkittävämmältä, kun tarkastellaan keskimääräistä konekokoa, sillä myös se on ollut noususuunnassa (kuva 3).



Kuva 3. Tärkeimpien koneiden keskimääräinen koko maanleikkaus-
töissä (1500) 1973-1979.

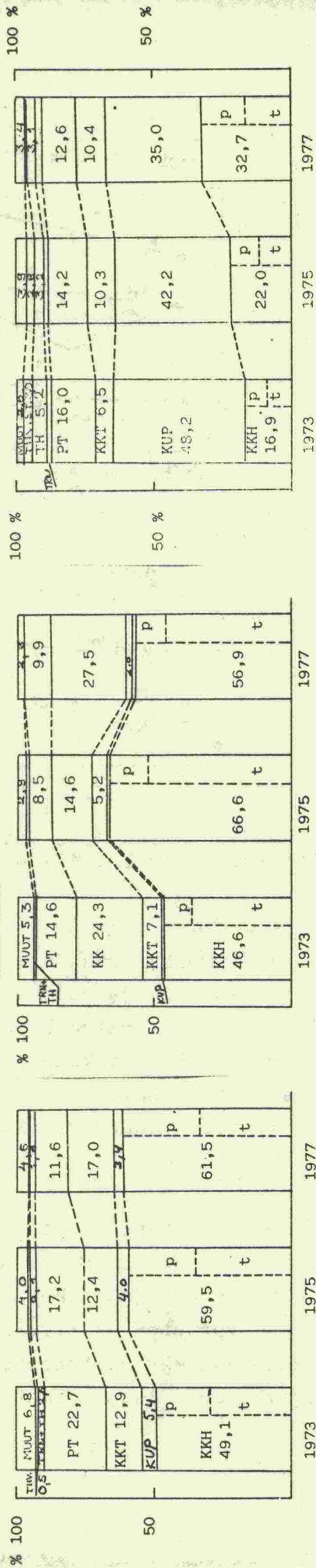
Puskutraktorien (PT) suhteellinen vähentyminen johtuu ensisijas-
sa siitä, että ennen käytettiin leikkauspäässä huomattavasti
enemmän ko. koneita luiskien muotoilussa ja irrotustyössä.
Läjitystyössä PT:n osuus on myös laskenut. Sen sijaan penger-
rystyössä PT:n osuus on pysynyt vakiona. Litteroinnin muutos
vuoden 1978 alusta lukien vaikeuttaa 10-tasoista tarkastelua
v.1973-1979, joten kuvien 4 ja 5 ajanjaksona on käytetty vuo-
sia 1973-1977.

Kuvia 4 ja 5 vastaava, tärkeimpien koneiden keskimääräistä ko-
koa esittävä kuva 6 osoittaa myös sen, että KKH:n koko on nou-
susuunnassa jokaisen tärkeimmän 10-litteran töissä.

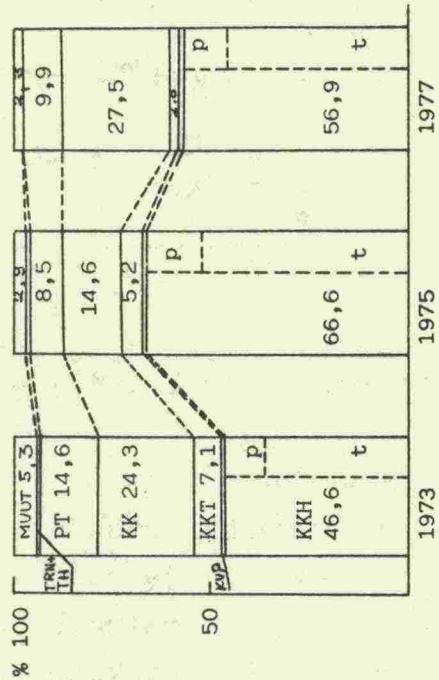
Konekokojen keskimääräisessä kehittämisessä ei ole huomioitu
v. -76 koneryhmittelyssä tapahtuneita muutoksia. Tällöinhän
koneluokitusta tihennettiin ja tarkistettiin, jonka vaikutuk-
sesta keskimääräinen konekoko hieman kasvoi. Kasvun vaikutus
on tärkeimmissä koneryhmissä 1-2 t.

Jäljempänä nykyisiä työsaavutuksia verrattaessa v. -73
arvoihin on koneluokitusmuutoksen vaikutus vähäinen tutki-
musaineiston sopivan luokittelun takia.

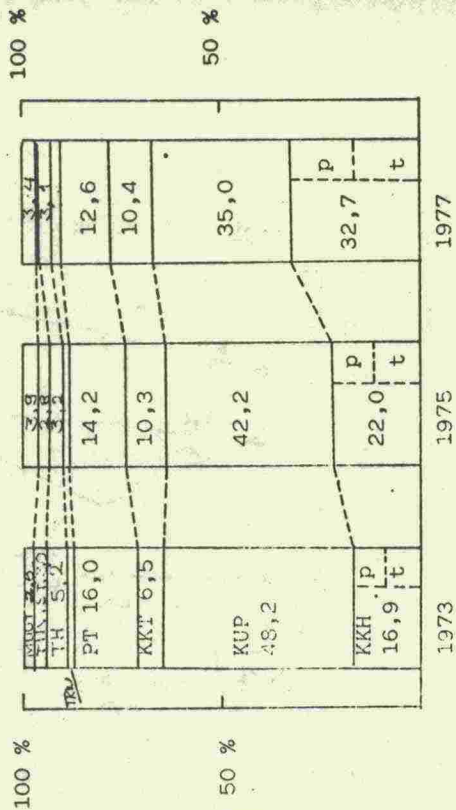
LITT. 1510



LITT. 1520

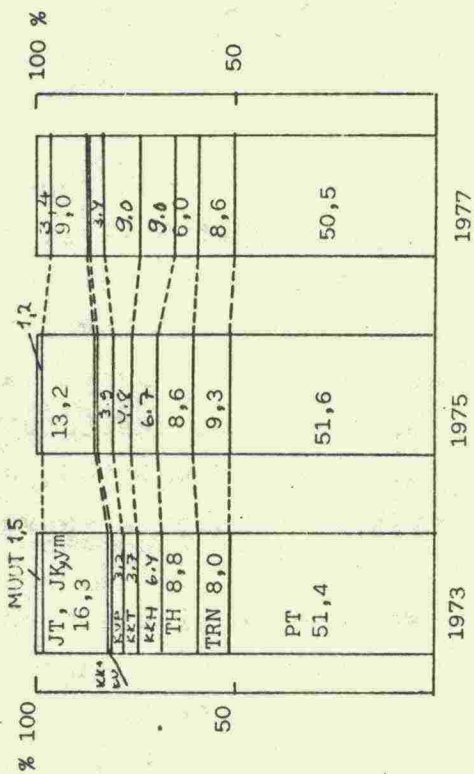


LITT. 1530

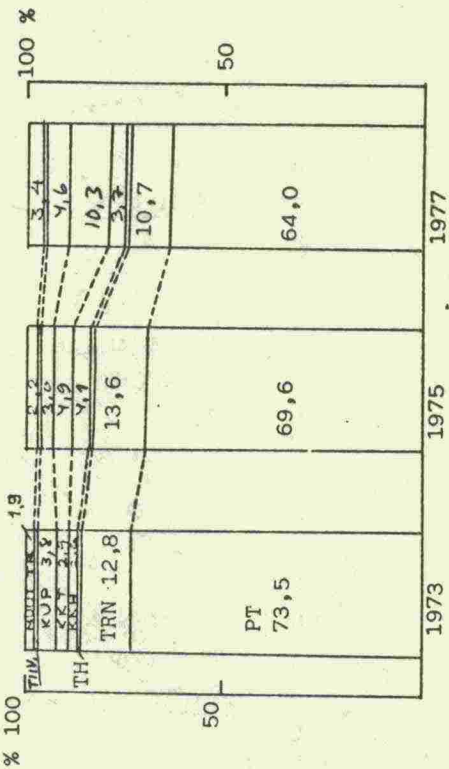


Kuva 4. Koneiden käyttö leikkaustöissä 1973-1977.

KONEET LEVITYSTYÖSSÄ
LITT. 1540

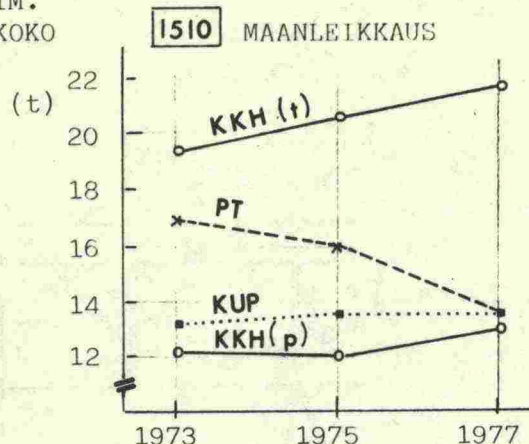


KONEET LÄJITYSTYÖSSÄ
LITT. 1570

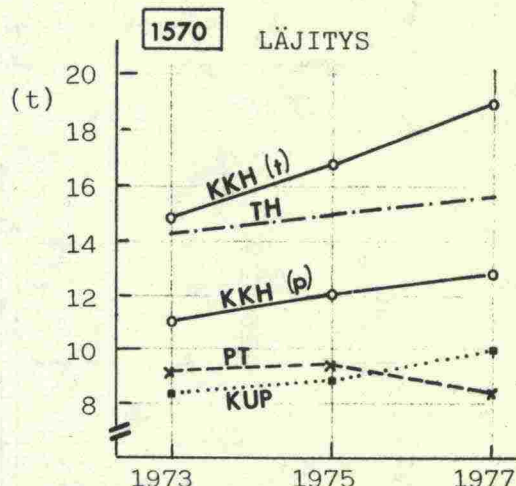
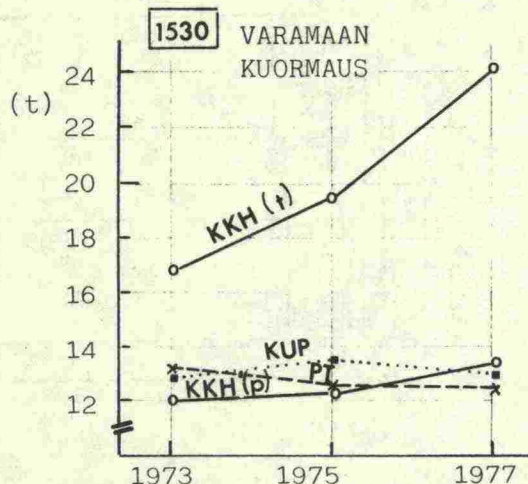
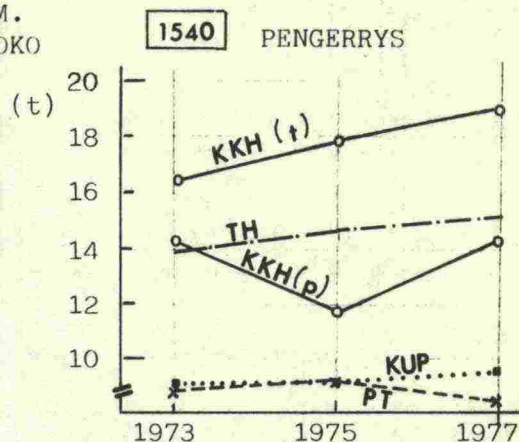


Kuva 5. Koneiden käyttö pengerrys- ja läjitystöissä 1973-1977.

KESKIM.
KONEKOKO



KESKIM.
KONEKOKO



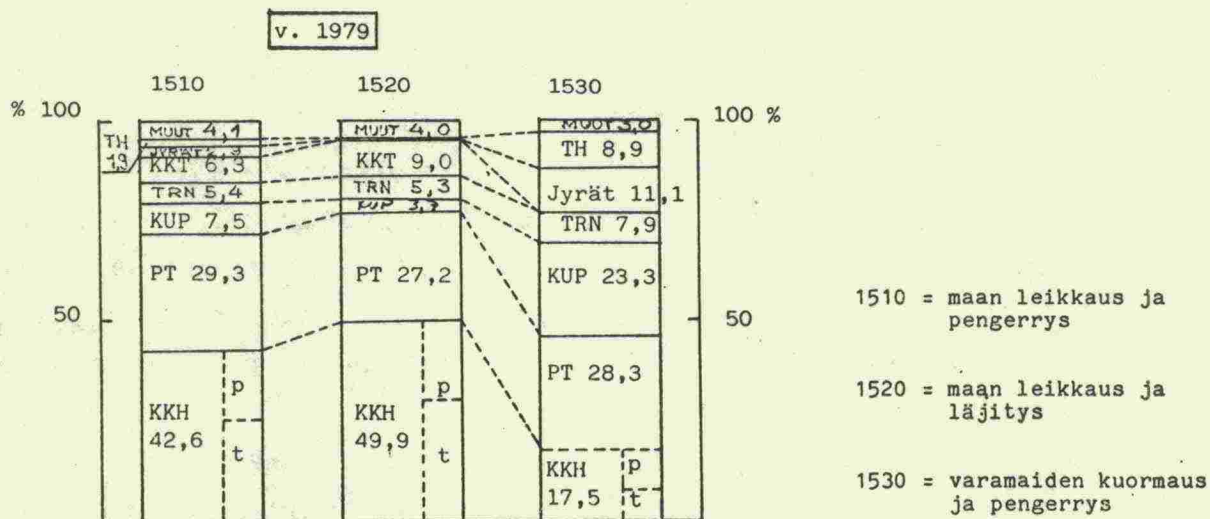
Kuva 6. Tärkeimpien koneiden keskimääräinen koko 1500-littralla keskeisimpien 10-litteroiden osalta 1973-1977.

Kaivu- ja kuormauskoneita käytetään yhä enemmän sekä pengerrys- että levitystyössä (kuva 5). Pyöräkuormaajat (KUP) ovat tällöin olleet keskimäärin pieniä (kuva 6) ja saattavat näinollen tulla käytöltään edullisiksi, mutta varsinkin isojen KKH:den käyttö pengerpäessä (kuva 6) ei liene useinkaan perusteltua. Myös kenttätutkimusvaiheessa tehtiin havaintoja, että ko. koneiden käyttöä pengerpäessä esiintyi. Pengerrystöissä myös TH:n koko on kasvusuunnassa.

Maamassojen tiivistys on myös suhteellisesti vähentynyt (kuvat 2 ja 5). Osasy syy saattaa olla tiivistyskäytännön muuttumisella jolloin tiivistäminen tapahtuu vasta penkereen jo melkein valmistuttua. Näin päästään ainakin työsaavutusten ja tiivistyskustannusten osalta parempaan tulokseen ajankäytön tehostumisen kautta. Voidaankin perustellusti kysyä, onko laatuseikat jätetty liian vähälle huomiolle.

Nykyisessä litteroinnissa sekä leikkaus että pengerrys sisältyvät samalle 10-litteralle, joten tarkkaa jakoa leikkaavista koneista ei voida tehdä. Kuva 7 kertoo eri konetyyppien nykyisen suhteellisen käytön eri koneiden osalta v.1979:

- KUP:n käyttö on suhteellisen vähäistä varsinaisessa maanleikkaustyössä; KUP:n käyttö esim. kantamistyössä on todettu edulliseksi
- varamaan kuormauksessa KUP on suhteessa KKH:een enemmän käytetty; rintauksesta kuormausta soveltuu KUP:lle hyvin
- KKH:n käyttö varamaiden kuormauksessa on perusteltua silloin, kun materiaalia otetaan vesipinnan alapuolelta tai kun maapohja on pehmeää
- KKT:n runsaanpuoleinen käyttö pehmeikkömaiden yhteydessä herättää ihmetystä, sillä KKT:n työsaavutus on verrattain pieni; pieneköihin töihin puolitelalla varustettu KKT voidaan ajatella käytettäväksi
- jyrien käyttö on suhteessa vähäistä; tiivistämistä tapahtuu pääasiassa varamaiden yhteydessä eli paremmanluokan materiaaleilla
- kysymyksiä herättää myös tiehöylän käyttö varamaiden pengerrystöissä verrattuna varsinaisten leikkausmassojen levityskonetyyppeihin (1510)



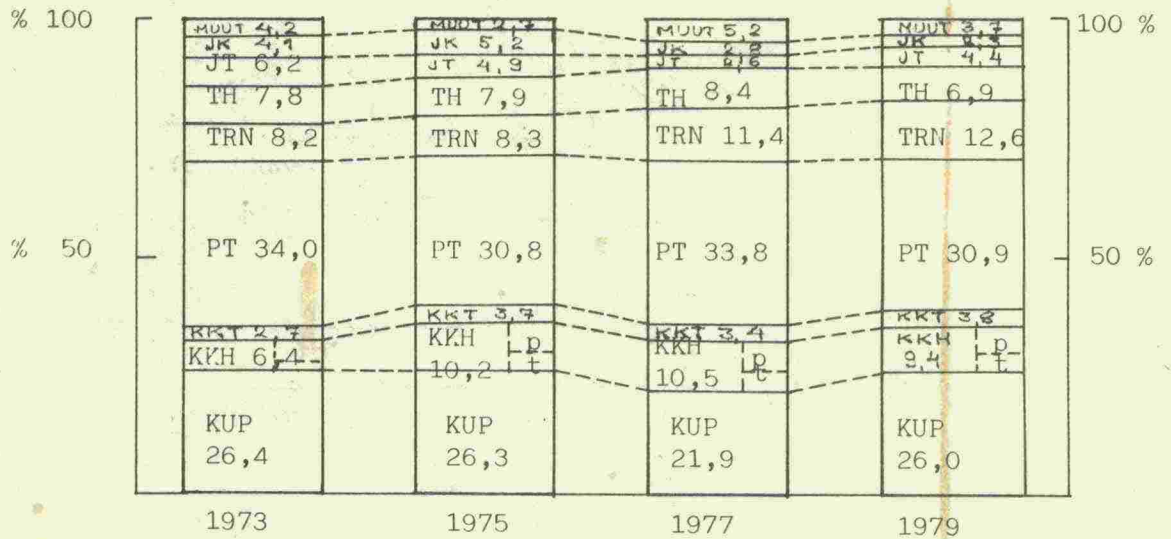
Kuva 7. Koneiden käyttö maanleikkaus- ja pengerrystöissä (1500) v.1979.

3.2 Sitomattomat päällysrakennekerrokset (1600)

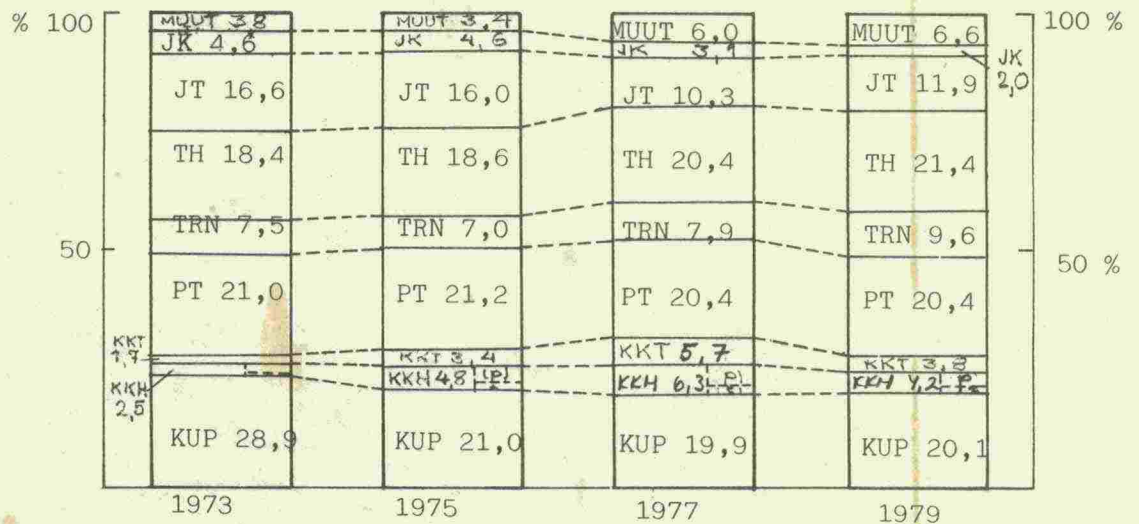
Keskeisimmät muutokset koneiden käytön kannalta 1973-1979
(kuvat 8 ja 9):

- KUP:n ja KKH:n käyttöosuuksien suhde on muuttunut hivenen KKH:n hyväksi
- KKH:n osuutta painottaa vielä KKH:n keskimääräisen konekoon nousu
- voidaan kysyä, onko em. muutos työsaavutukset, materiaalit ja vuokraushinnat huomioiden ollut kuitenkin positiivista
- kerrosmateriaalien kuormauksessa käytetyt KKH:t ovat enimmäkseen pyöräalustaisia
- PT:n käytön osuus ei ole merkittävästi vähentynyt, mutta PT:n keskimääräinen koko on pudonnut 9 t → 8 t johtuen lähinnä yhden konekoon suosimisesta (PT 08)
- levittävien ja tasoittavien koneiden suhteellinen osuus koko konetyön määrästä on lisääntynyt erityisesti jakavan ja kantavan kerroksen tekemisessä
- TRN:n käytön suhteellinen kasvu ja samalla PT:n käytön pieni suhteellinen vähentyminen on merkki positiivisesta suunnasta, mutta samalla TH:n käytön suhteellinen kasvu sekä TH:n työmäärän kasvu yksikköä kohti (kth/m³rtr) jakavan ja kantavan kerroksen töissä synnyttää kysymyksiä käytön tarpeellisuudesta
- kuormaavien ja levittävien koneiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttaa toimitusurakoiden käyttö, sillä tällöin kuorma- ja kuljetustyö tapahtuu urakan muodossa ja levityskone toimii omassa johdossa konetyökustannusten ja käyttötuntien jakautuessa näin kahdelle eri kustannuslajille
- voidaan kuitenkin aiheellisesti kysyä, onko keskimäärin yhä suurempien tiehöylien yhä lisääntynyt käyttö ollut tarpeellista vai onko kysymys turhasta tasoittelusta ja siloittelusta
- tiivistystöiden osuus on vähentynyt ihmeteltävän paljon kuten on tapahtunut myös penkereen tiivistämistöissä.

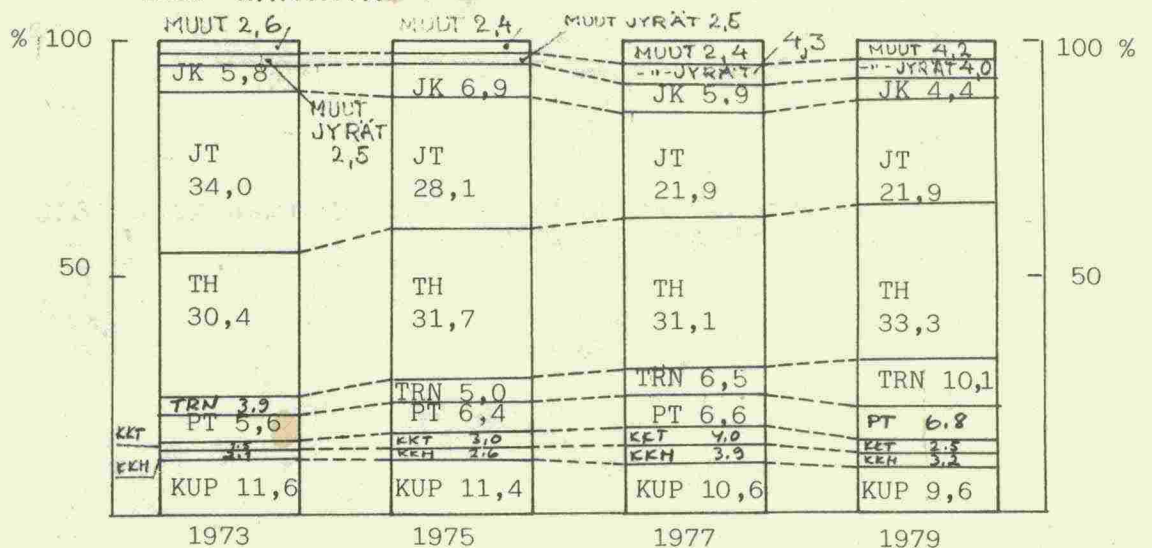
1610 SUODATIN, ERISTYS



1620 JAKAVA

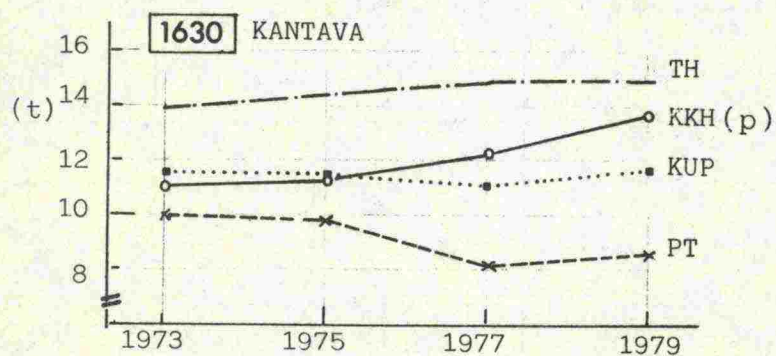
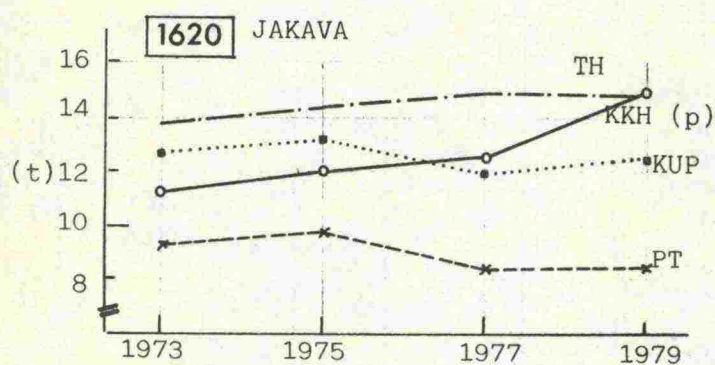
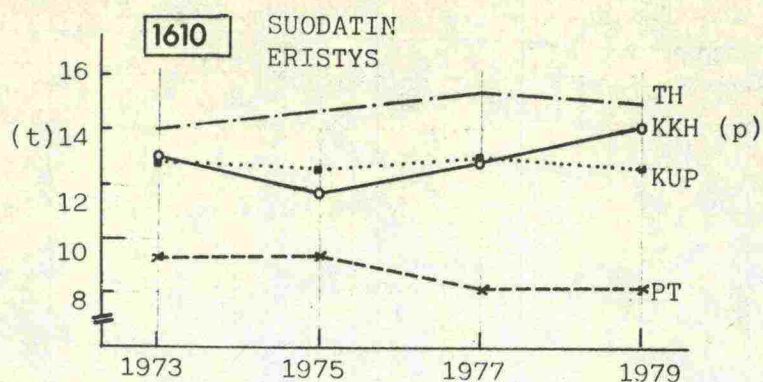


1630 KANTAVA



Kuva 8. Koneiden käyttö rakennekerrosten tekemisessä 1973-1979.

KESKIM.KONEKOKO



Kuva 9. Tärkeimpien koneiden keskimääräinen koko 1610, 20, 30-litteroilla 1973-1979.

3.3 Raivaustyöt, avo-ojien teko ja rumputyöt

Raivaustöissä (kuva 10):

- KKH:n käyttö on lisääntynyt PT:n suhteellisen osuuden vähentyessä (osa johtuu todennäköisesti menetelmien kehittymisestä, kuten raivausjätteiden hautaamismenetelmä)
- PT:n keskimääräinen konekoko on voimakkaasti pienentynyt (kuva 11), koska iso KKH osittain korvaa sen
- KKT:n osuus on pieni, mutta kasvusuunnassa
- TR:n osuus on lievästi kasvanut
- KUP:n käyttö on hyvin vähäistä ottaen huomioon sen suuren kapasiteetin.

Avo-ojituksessa:

- KKH:n osuus konetyöstä on puolet
- KKT:n osuus on myös suuri joskin vähenemään päin; v.-77 rakentamisen vähäisyys nosti KKT:n suhteellisen käytön yleisestikin suurempiin lukuihin kuin muulloin
- PT:n käyttö on palautunut 70-luvun alkupuolen lukemiin.

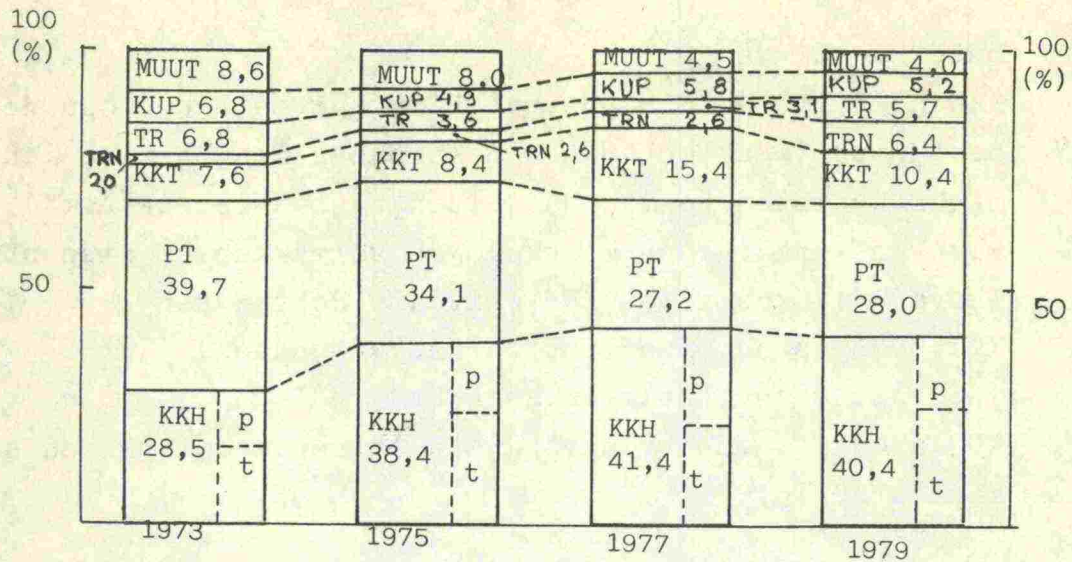
Rumputöissä:

- KKH:n osuus on jatkuvasti lisääntynyt ollen lähes 60 %
- muiden koneiden osuus on TRN:a lukuunottamatta vähentynyt KKH:n nousun suhteessa.

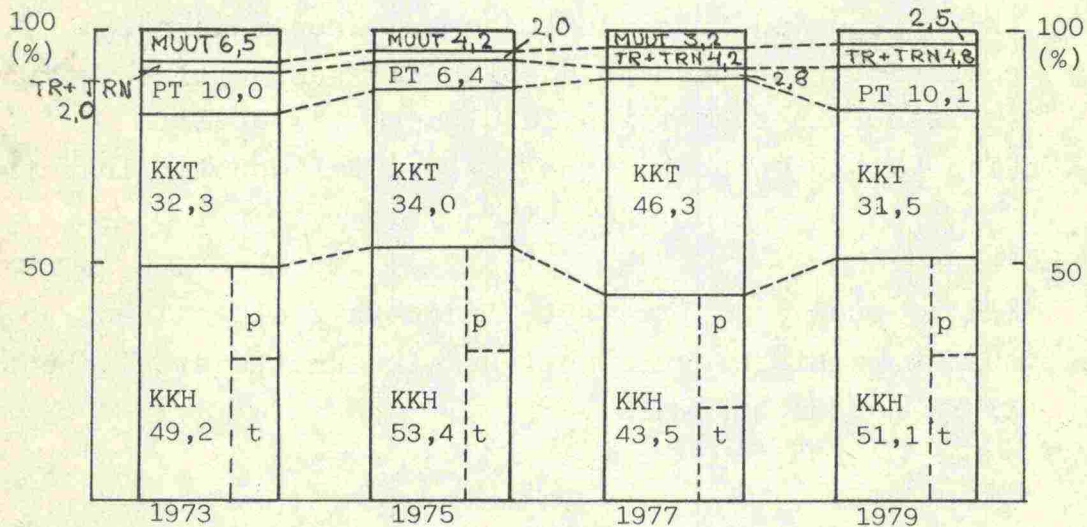
RAIVAUSTYÖT

1120 v.-79

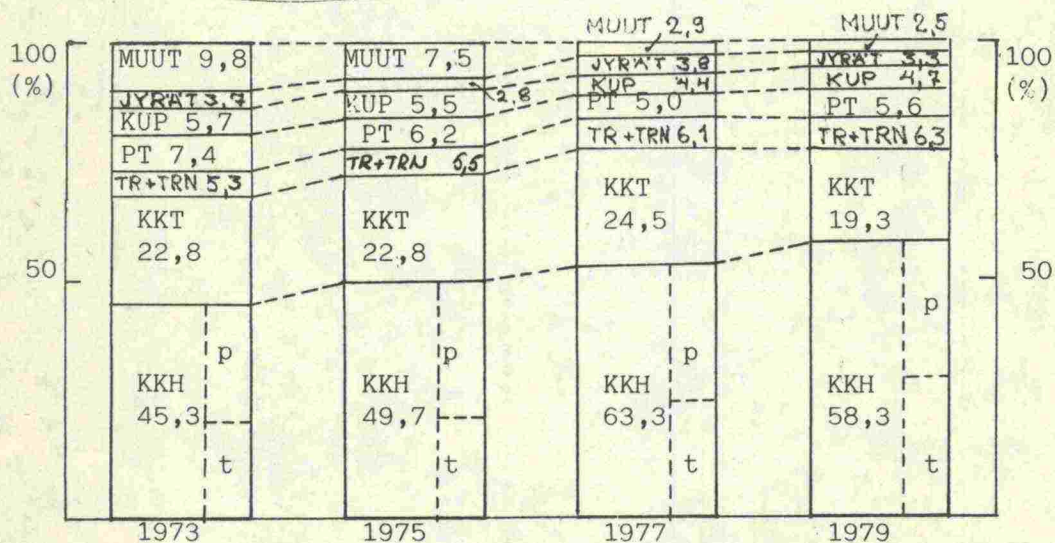
1130 v.-73, -75, -77



AVO-OJITUS (1310)

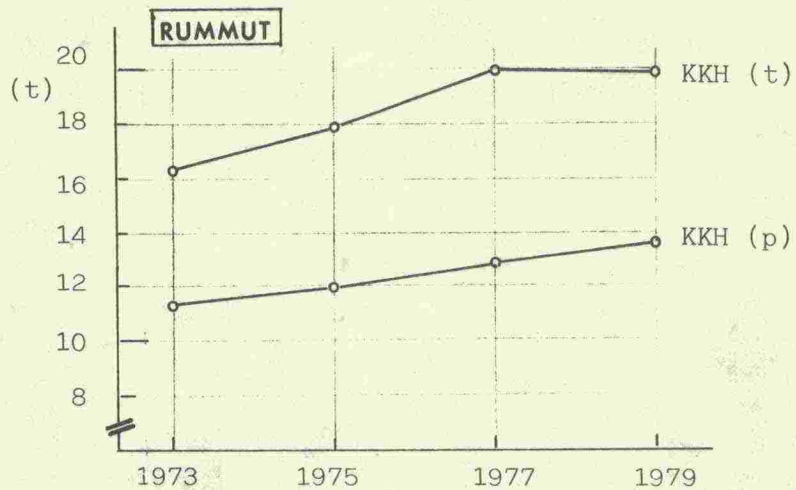
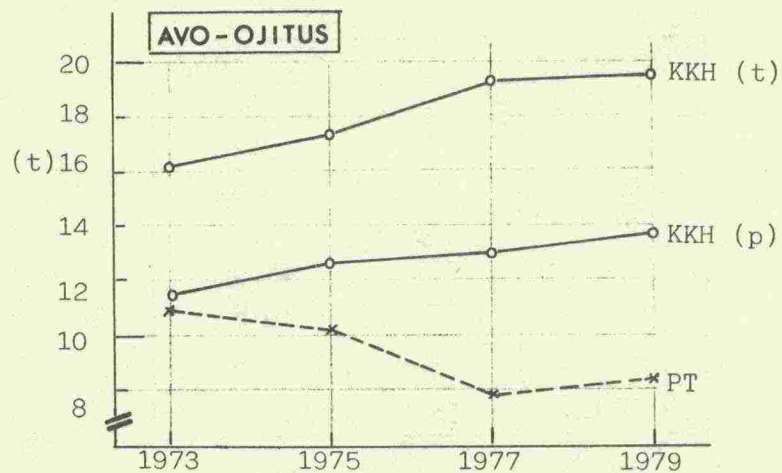
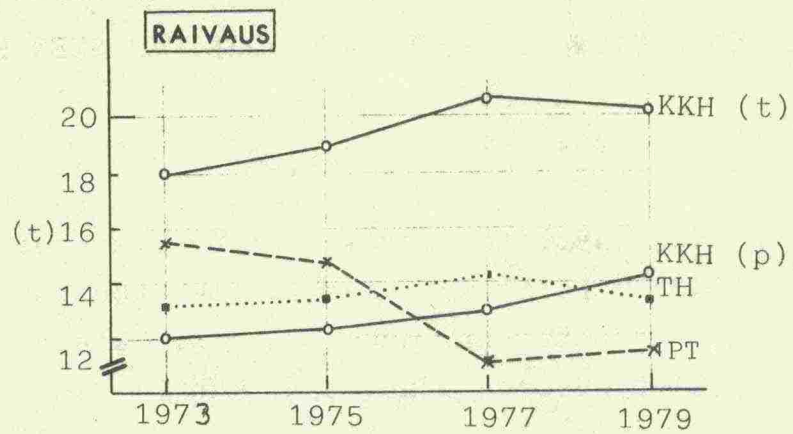


RUMPUTYÖT (1330)



Kuva 10. Koneiden käyttö raivauksessa, avo-ojituksessa ja rumputöissä 1973-1979.

KESKIM. KONEKOKO



Kuva 11. Tärkeimpien koneiden keskimääräinen konekoko raivauksessa, avo-ojituksessa ja rumputöissä 1973-1979.

4. KONEIDEN KÄYTÖN TEHOKKUUS KENTTÄTUTKIMUSTEN POHJALTA

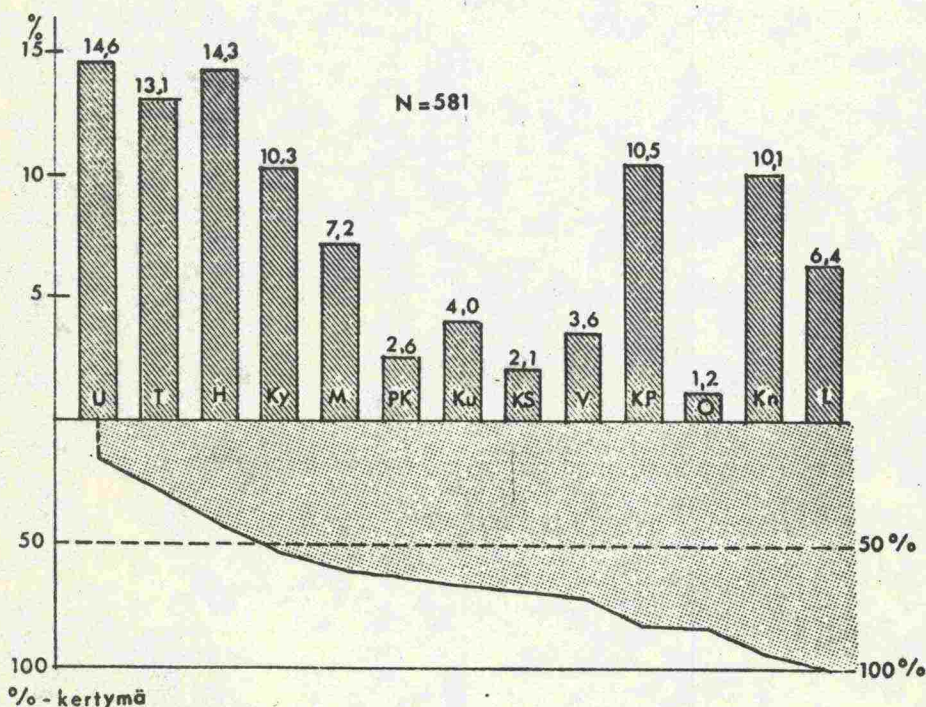
4.1 Yleistä tutkimuksesta

Rakennuskoneiden käyttötutkimuksen perushavaintoaineiston muodostaa v.1979-80 kerätty materiaali, joka koostuu havainnointimenetelmällä tehdyistä tutkimuksista. Kaikkiaan tehtiin havainnointia 581 työvuoron ajan (taulukko 2).

Taulukko 2. Havainnointitutkimusten jakautuminen

LITTERA	TUTKITTUJA TYÖVUOROJA	
	(kpl)	%
1100	30	5,2
1300	56	9,6
1400	45	7,8
1500	261	44,9
1600	179	30,8
MUUT	10	1,7
YHTEENSÄ	581	100,0

Piireittäin jakaantui aineisto hivenen eteläpainotteiseksi sillä neljän eteläisimmän piirin (U, T, H, Ky) osuus on noin 50 % kaikista tutkimuksista (kuva 12).



Kuva 12. Havainnointitutkimusten piireittäinen jakautuma

Alunperin oli tarkoituksena painottaa tutkittavaksi nykyrakentamisen kuvan mukaan rakenteen ja suuntauksen parantamistöitä sekä kevyen liikenteen väyliä. Tässä onnistuttiin osittain, sillä rakenteen parantamistöitä on runsaasti (taulukko 3), muiden osuuden jäädessä melko vähäiseksi. Jäljempänä on rakentaminen ja suuntauksen parantaminen käsitelty yleensä samana hanketyypinä.

Taulukko 3. Hanketyypeittäinainen jakautuma (%).

HANKETYYPPI	OSUUS TUTKIMUKSISTA (%)
rakentaminen	18,2
suuntauksen parantaminen	11,9
rakenteen parantaminen	54,4
kevyen liikenteen väylät	15,5
YHTEENSÄ	100,0

Kenttätutkimuksen perusteella esitettävät kustannustiedot vastaavat keskimäärin v. 1979 syksyn hintatasoa. Muut laskennalliset esimerkit vastaavat yleensä v. 1979 keskimääristä toteutunutta hintatasoa ellei toisin ole mainittu.

4.2 Koneiden työsaavutusten vertailu työnsuunnittelu- tietoihin (TS-tiedot) ja ajankäyttö

Vertaamalla koneen toteutunutta työsaavutusta (kapasiteettia) TS-tietojen antamaan vastaavaan arvoon saadaan tietty suhteellinen arvo, joka sisältää seuraavat kone- ja olosuhdetiedot:

- konetyyppi (esim. KKH, KUP, PT,...)
- koneen paino
- maalajiluokka
- roudan syvyys
- kaivussyvyys tai rintauksen korkeus.

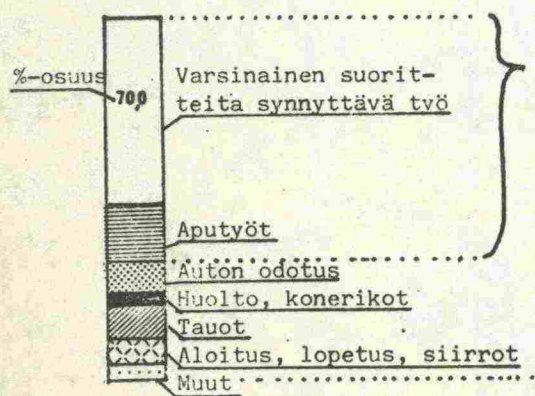
Vertailujen yksinkertaistamiseksi luokiteltiin kaivuluokat kolmeen luokkaan (taulukko 4).

Taulukko 4. Maalajien luokittelu tutkimuksessa.

KAIVULUOKKA	SISÄLTÖ
Helpot (H)	E, H1, K1
Keskinkertaiset (K)	H2, H3, K2, M1, ed.luokka + routaa 40 cm
Vaikeat (V)	K3, H2, M3, ed.luokka + routa > 40 cm

Koneiden tehokkuuden ja ajankäytön selvittämiseksi ovat vertailun kohteena olleet sekä mentelmä- että työvuorokapasiteetti (K2- ja K3-kapasiteetti).

Aika- ja kapasiteettikäsitteitä selventää tarkemmin seuraava kuva ja taulukko 5.



Aika-arvo, josta K2-kapasiteetti lasketaan

- K2-kapasiteettiin vaikuttaa varsinaisen työn työvauhti ja aputyön (ei suoritteita) osuus

Aika-arvo, josta K3-kapasiteetti lasketaan

- K3-kapasiteettiin vaikuttaa K2-kapasiteetti ja erilaiset työnjärjestelyt yms. olosuhdetekijät

Taulukko 5. Rakennuskoneen ajankäytön jako ja kapasiteetti-käsitteet.

AJANKÄYTÖN JAKO		KAPASITEETTIN MÄÄRITELMÄ
PERUSAIKA (T1)	kauhan täyten, kääntymisen kauha täynnä, kauhan tyhjennys, kääntymisen kauha tyhjäksi	PERUSKAPASITEETTI (K1) Peruskapasiteetti on työmäärä jaettuna perusajalla. $K1 = \frac{\text{työmäärä}}{T1}$ Peruskapasiteetti on toimintavälineen työkierron alkainen työsaavutus ja on työnvaiheen kestäessä saavutettavissa vain hetkeksi
MENETELMÄN LISÄAIKA (TL1)	kaivukoneen asteittainen siirtyminen, auton vaihdon odotus, irrotus, ylisuurten kivien siirto, työpalkan tasaus	MENETELMÄKAPASITEETTI (K2) Menetelmäkapasiteetti on työmäärä jaettuna menetelmäajalla. $K2 = \frac{\text{työmäärä}}{T2}$ Menetelmäkapasiteetti ilmaisee toimintavälineen työsaavutuksen tietyssä aikayksikössä tietyllä menetelmällä tauottomassa työssä. Toimintaväline voi työskennellä menetelmäkapasiteetin mukaisella teholla vain ajoittain
MENETELMÄAIKA (T2)	$T2 = T1 + TL1$	
TYÖVUORON LISÄAIKA (TL2)	konerikot (< 1 h), koneen huolto (< 1 h), työnjohtajan ohjeiden anto, kahvitauot, valmistelu ja -lopetuslisäajat	TYÖVUOROKAPASITEETTI (K3) Työvuorokapasiteetti on työmäärä jaettuna työvuoroajalla. $K3 = \frac{\text{työmäärä}}{T3}$ Työvuorokapasiteetti saavutetaan työvuoron aikana, kun työvuoron ei katsota sisältävän yli tunnin pituisia työn keskeytyksiä.
TYÖVUOROAIKA (T3)	$T3 = T2 + TL2$	
TYÖNVAIHEEN LISÄAIKA (TL3)	konerikot (> 1 h), koneen huolto (> 1 h), toisen työnvaiheen odotus (> 1 h)	TYÖNVAIHEKAPASITEETTI (K4) Työnvaihekapasiteetti on työmäärä jaettuna työnvaiheajalla. $K4 = \frac{\text{työmäärä}}{T4}$ Työnvaihekapasiteetti on toimintavälineen suorituskyky tietyn työnvaiheen aikana tietyllä menetelmällä. Lyhyiden työnvaiheiden aikana K4-kapasiteetti on käytännössä useimmiten sama kuin K3-kapasiteetti.
TYÖNVAIHEAIKA (T4)	$T4 = T3 + TL3$	

4.21 Hydraulinen kaivukone (KKH) maanleikkauksessa

Tutkimustulos osoittaa, että KKH ei yleensä saavuta TS-tietojen vastaavaa kapasiteettia (taulukko 6). Suhteellisten arvojen hajonta oli tasoa $\pm 15-25$. Tämä tarkoittaa, että hyvin harvoin päästiin arvoon 100 % eli TS-tietoarvoon lukuunottamatta varaimaiden kuormausta (1530).

Taulukko 6. KKH:n kapasiteetin suhde vastaavaan TS-arvoon keskimäärin (%).

LITTERA	K2 (%)	K3 (%)
1510	81	80
1520	87	84
1530	105	113

Keskimääräisen menetelmä- ja työvuorokapasiteetin (K2 ja K3) suhteellisten arvojen ero on pieni eli molemmat (K2 ja K3) poikkeavat lähes saman verran vastaavasta TS-arvosta. Yleensä siis selvittää lähes normaalien lisäaikojen (TL 2) puitteissa.

Toteutuneen K2-kapasiteetin pienuus johtuu joko työvauhdin hitaudesta tai huonoista työpaikkajärjestelyistä tai molemmista yhtäaikaan.

Työvauhdin hitaus saattaa aiheutua:

- kokemattomasta koneenkuljettajasta
- koneen laajoista liikeradoista
- "kaasujalan" varovaisesta käytöstä
- työketjun muiden osien väärästä mitoituksesta, joka johtaa koko ketjun hitaampaan työtempoon.

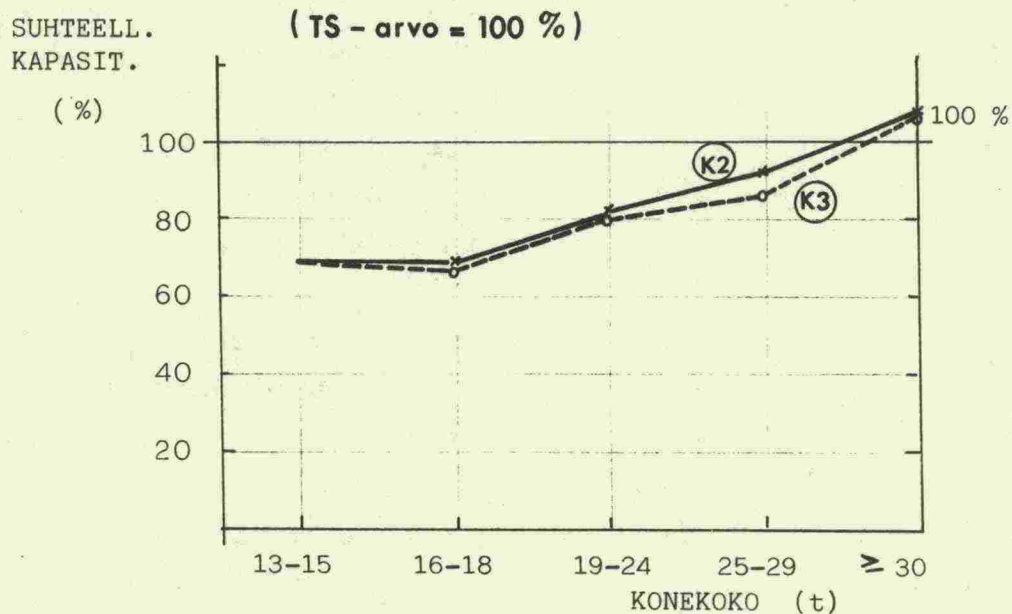
Kevyen liikenteen väylien rakentaminen aiheuttaa eniten poikkeamaa optimista eli pienimutoisilla töillä on selvä vaikutus (taulukko 7).

Taulukko 7. KKH:n kapasiteetin suhde TS-arvoon hanketyypeittäin (%).

KAPASITEETTITASO (%)	HANKETYYPPI		
	r + sp	rp	kev.liik.
K2	90	83	63
K3	89	82	60

Maanleikkaustyökohteista kolmasosa oli suuruusluokaltaan alle 50 000 mk ja näissä kohteissa noin 60 %:ssa tapauksista suhteellinen K2-kapasiteetti jäi alle 80 %. Yli 100 000 mk:n työkohteita oli vajaa puolet ja näissä puolestaan noin 60 %:ssa suhteellinen K2-kapasiteetti ylitti arvon 100 %. Myös tämä antaa selvän kuvan pienten työkohteiden vaikeudesta järjestää työ tehokkaasti.

Kokoluokittain 1510- ja 1520-litterat yhteensä tarkasteltuna isot KKH:t saavuttavat paremman suhteellisen kapasiteetin kuin pienet KKH:t (kuva 13). Varamaiden kuormauksessa päästään yleensä parempaan kapasiteettisuhteeseen kaikissa kokoluokissa.

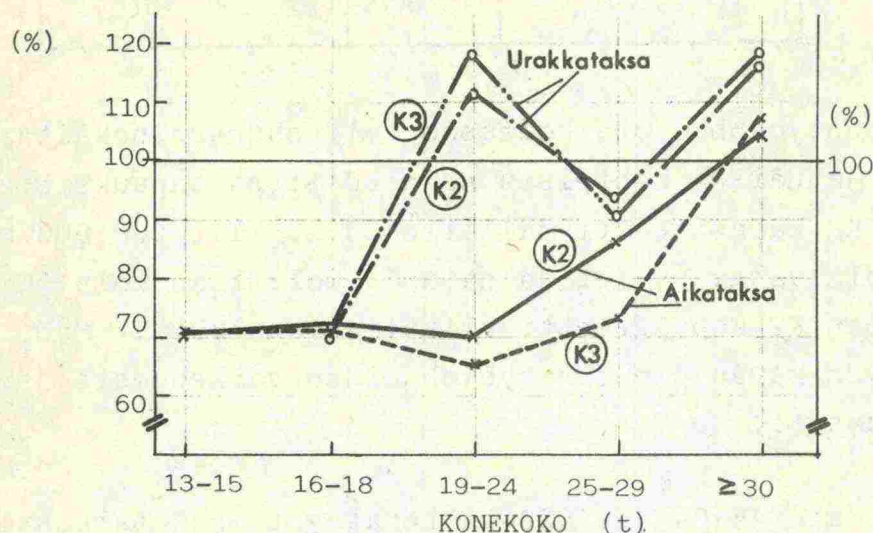


Kuva 13. KKH:n suhteellinen kapasiteetti TS-arvoon verrattuna konekokoluokittain (%). (1510 + 1520-litterat)

Erittäin merkittävä ero suhteellisissa kapasiteeteissa on myös eri taksalajien välillä. Urakkataksalla päästään huomattavasti parempiin arvoihin kuin tuntitaksalla kuormattaessa (kuva 14).

SUhteellinen
KAPASIT.

(TS-arvo = 100 %)



Kuva 14. KKH:n suhteellinen kapasiteetti aika- ja urakkataksalla (1510 + 1520-litterat).

Urakkataksalla kuormattaessa K2-kapasiteetti on absoluuttisesti n. 20 % ja K3-kapasiteetti n. 25 % suurempi kuin aikataksalla kuormattaessa. Kapasiteetin nousu syntyy, sillä:

- varsinainen suoritteita synnyttävä työaika kasvaa noin n. 15 % eli ajankäyttö on tehokkaampaa
- työvauhti urakkatyössä on noin 5-10 % suurempi.

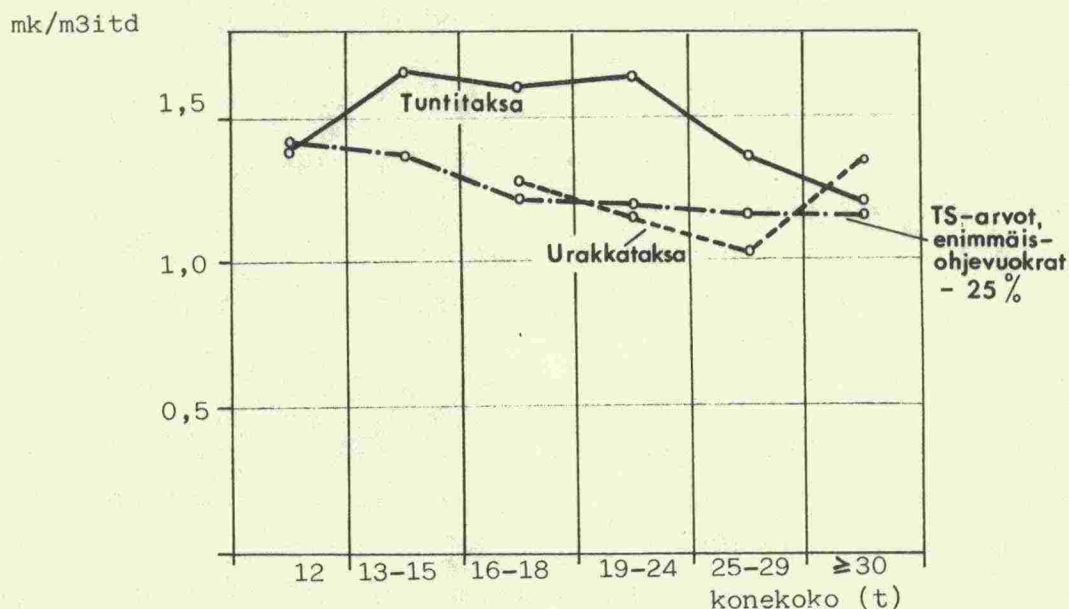
1530-litteralla isojen koneiden (≥ 19 t) ero eri taksalajeilla on pieni. Keskimääräinen KKH:n kapasiteetti nousee kummassakin tapauksessa yli TS-arvon. Kuormaustyö on 1530-litteralla selväpiirteisempää (liikenne ei häiritse, materiaalit ovat hyviä ja usein helposti irrotettavissa, kuljetuskaluston työnjärjestelyt ovat helpompia). Tämän vuoksi vertailtavina ovatkin 1510-1520-litterat. KKH:n käyttö 1530-litteralla kuormaustyössä on monessa tapauksessa turhaa, sillä pyöräkuormaaja soveltuu erinomaisesti ko. työhön.

Yleensä kuormaus KKH:lla tapahtuu tuntitaksalla. Viime vuosina urakkahinnalla tapahtuva kuormaus on jäänyt noin 5 %:iin. Tässä tutkimuksessa nousi urakkataksan osuus kuitenkin 34 %:iin ja käyttö kohdistui yleensä suuriin koneisiin (≥ 19 t).

Urakkataksan osuuden ollessa tässä tutkimuksessa näinkin suuri täytyy tämä ottaa huomioon keskimääräisiä arvoja tarkasteltaessa koko aineiston osalta. Edellä esitettyjen taulukoiden ja kuvien arvoja onkin syytä laskea 4-5 %-yksikköä varsinkin isojen koneiden osalta, jotta saataisiin keskimäärin oikea tieto.

Urakkataksalla kuormattaessa päästään myös parempaan K3/K2-suhteeseen (a_2 -kerroin = 0,80 eli hyvää tasoa), mikä kuvaa sitä, että työmenetelmästä aiheutuvien lisäaikojen osuus on vähäisempi kuin tuntitaksalla kuormattaessa.

Urakkataksan edullisuus näkyy myös kuormaustyön yksikkö hinnassa (kuva 15). Vertailun vuoksi tunti- ja urakkatyön lisäksi on kuvaan otettu myös TS-arvoista laskettu teoreettinen yksikkökustannus, joka on lähes sama kuin urakkatyön yksikkökustannus.



Kuva 15. KKH:n kuormaustyön toteutunut yksikkökustannus maanleikkaustöissä tunti- ja urakkataksalla sekä teoreettinen yksikkökustannus (v.1979 hintataso).

Urakkataksan käytön edut:

- ajankäyttö tehostuu
- työvauhti paranee
- kapasiteetti nousee 20-30 %
- kuormaustyön yksikköhinta laskee (keskimäärin 20 %)
- kuormaustyön sujuminen edellyttää, että ketjun muut resurs-
sit eivät rajoita kuormaustyötä ja tämä edellyttää työn-
johdolta suurempaa panosta.

Haittapuolia ovat:

- tarjouspyyntöjen tekeminen vaatii yksityiskohtaisempia
tietoja; toisaalta tämä taas helpottaa työnaikaista työn-
suunnittelua ja seurantaa
- urakkataksan vähyydestä aiheutuva tarjousten huono taso,
jolloin urakkataksalla työhön otettu kone on useissa ta-
pauksissa siirretty tuntityöhön.

KKH:n keskimääräisen kapasiteetin vertailu v.1973 tutkimuksiin:

- vertailu koskee KKH:n painoluokkia 8-25 t, jotka siis si-
sältäivät v.1973 tutkimuksiin
- kyseessä työvuorokapasiteetti (K3-kapasiteetti)
- em. painoluokissa on kapasiteetti laskenut noin 5-10 %
v.-73 → v.-79
- ottaen huomioon nykyisen tutkimuksen sisältämä suuri
urakkatyöosuus voidaan kapasiteetin lasku arvioida 10-
15 %:ksi.

Laskua aiheuttavat tekijät:

- huono työnjärjestelyn taso nykyisin (kts. seuraava luku
KKH:n ajankäytöstä)
- rakentamisen luonteen muuttuminen eli usein joudutaan ra-
kentamaan kapeilla tielinjoilla ja lisäksi liikenteen alai-
silla tienosilla
- työkohdesuunnitelmien puutteellisuus ja varsinkin työkohde-
tasoisen seurannan puutteellisuus.

V.1973 varsinaisen rakentamisen keskimääräisestä kapasiteettitasosta poiketaan nykyisin alaspäin hanketyypeittäin:

- rakentaminen + suunt.parant. 0-10 %
- rakenteen parantaminen 5-15 %
- kevyen liikenteen väylät 15-40 %

On huomattava, että tarkastelun ulkopuolella olivat ≈ 30 t KKH:t, joiden kapasiteetti on nykyisin keskimäärin suhteellisen hyvällä tasolla.

KKH:n ajankäyttö:

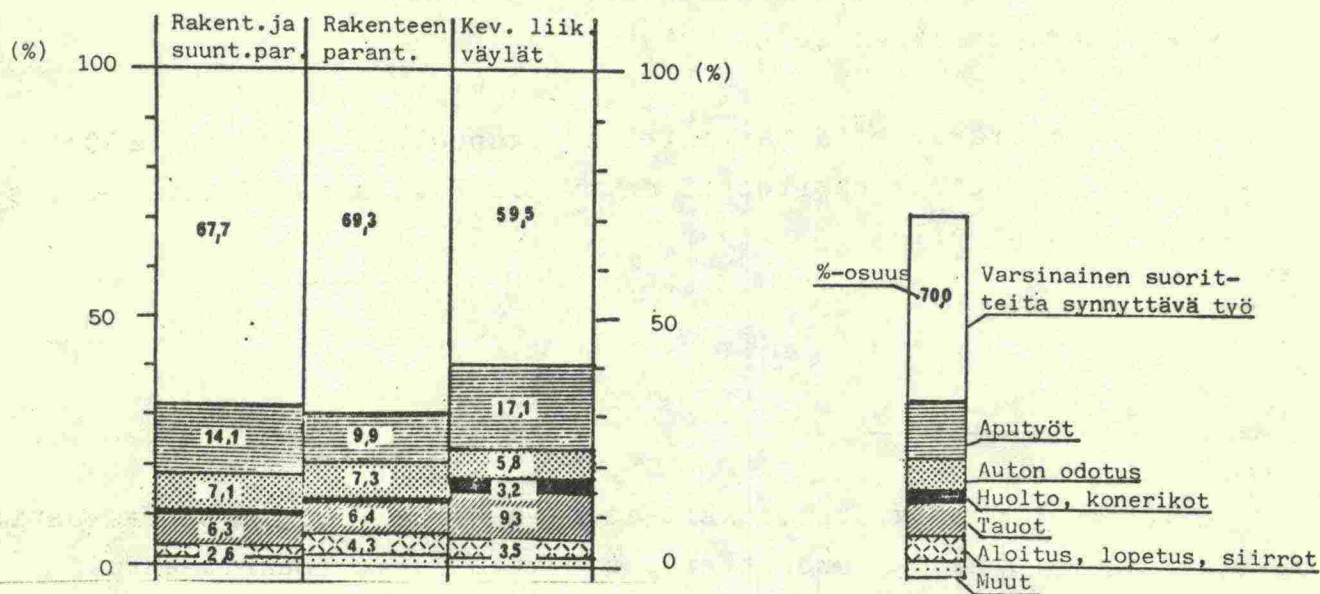
Ajankäytön selvittämiseksi jaettiin eri aikalajit seuraavasti:

- varsinainen suoritteita synnyttävä työ (suoriteaika)
- aputyöt (työpaikan tasaus, irrotus yms.)
- auton odotus (kuormauskone odottaa autoa)
- huolto, konerikot (< 1 h)
- tauot (kahvitauot, henk.koht.tauot)
- aloitus- ja lopetustyöt, siirrot
- muut (toisen työvaiheen odotus, liikenne estää työn, sää estää työn).

Yli tunnin (> 1 h) keskeytykset kirjattiin syineen erillisinä. Ruokatauko ei ole keskeytyksiin lukeutuva tauko.

Maanleikkaustöissä hanketyypeittäin tarkasteltuna (kuva 16):

- varsinainen suoritteita synnyttävä työaika on keskimäärin 60-70 % koko työvuoron ajasta (tässä työvuoron ajassa ovat myös sopimuksenmukaiset kahvitauot mukana), kun se hyvin hoidetussa työkohteessa on noin 80 %
- eräänlaista hukka-aikaa jää näin keskimäärin 6-17 %
- 6-17 % tehollisena työnä vastaa 27-77 min/tv eli melkoista aikaa esim. vuositasolla ajateltuna.



Kuva 16. KKH:n ajankäyttö maanleikkaustöissä hanketyypeittäin (%).

Eniten vaihtelua ajankäytössä esiintyi aputöiden ja auton odotuksen kohdalla. Näin siksi, että tutkimusvaiheessa oli kokeneidenkin tutkijoiden erittäin vaikea erottaa koneen todellinen työ, kun autoa ei ollut kuormauspaikalla. Kone saattoi tehdä tällöin aputyön luonteista työtä, kuten kuormauspaikan tasausta, irrotustyötä, kivien ja kantojen siirtelyä ym. vastaavaa, vaikka varsinaista tarvetta ei aina ollut.

Haitariliike synnyttää auton odotusta tutkimusten mukaan noin 7 %, joka on yleensä katsottu hyväksyttäväksi lisäajaksi. Kuvan 16 mukaan auton odotusten arvo on noin 7 %, mutta täytyy huomioda myös aputöiden sisältävän tutkimustilanteesta johtuen auton odotusta.

Kohta "muut" sisältää merkityksettömän osuuden koko ajankäytöstä. Myös sisäisten ja ulkoisten siirtojen osuus on koneraporttitietojen mukaan pieni eli noin 1-2 %.

Eri konekoot eivät selvästi poikenneet toisistaan ajankäytön suhteen.

Rakenteen parantamistoissa varsinaisen suoritteita synnyttävän työajan osuus on suurin (kuva 16), vaikka suhteellinen kapasiteetti rakentamiseen verrattuna on pienempi (taulukko 7). Pienimuotoisessa työssä käytetään aikaa varsinaisen työn tekemiseen työvauhdin (kapasiteetti) kustannuksella, jolloin ajankäyttö näyttää suhteellisen hyvältä kapasiteetin pysyessä kuitenkin alhaisena.

Ajankäytön tehostaminen on edellä olevan perusteella mahdollista:

- kuljetuskaluston mitoitusta tarkentamalla
- työnjärjestelyjen parantamisella kuormaus- ja levityspäissä koskien sekä kuljetusvälineitä että kuormauskoneita
- myöhäisten aloitusten ja aikaisten lopetusten sekä taukojen ylitysten vähentämisellä.

4.22 Pyöräkuormaaaja (KUP) maanleikkaus- ja pengerrystöissä

Käyttökohteina tulevat kysymykseen:

- maan leikkaus ja kuormaus (irrotuskoneena voidaan käyttää KKH:ta tai PT:tä)
- maan leikkaus ja kanto penkereeseen
- varamaan kuormaus penkereeseen vietäväksi
- maamassojen pengerrys.

Vaikeisiin kaivuluokkiin KUP ei ole sopiva ilman irrotuskonetta.

Kuvat 4 ja 5 antavat selvän käsityksen siitä, missä laajuudessa KUP:aa käytetään eri töissä:

- yleisin on varamaiden kuormaus
- maanleikkaustöissä KUP:n käyttö on jatkuvasti vähentynyt
- käyttö levityspäässä on lisääntynyt; tässä onkin huomattava pienen KUP:n tuntivuokra, joka on samansuuruinen PT 08:n kanssa, joten KUP liikkuvampana koneena on tiettyissä tapauksissa varteenotettava vaihtoehto.

KUP:n käyttö pengerrys- ja läjitystöissä:

- | | | | |
|---|-------|-------|---|
| - | v.-73 | 3,4 % | litteroiden (1540 + 1570) konetunneista |
| - | v.-75 | 3,6 % | "- |
| - | v.-77 | 3,8 % | "- |

Nykyinen käytäntö ei selviä raporteista litterointimuutoksen vuoksi. Tutkimuksesta saatu otostieto kertoo, että KUP:n osuus maanleikkausmassojen levitystyövuoroista on 8,5 %, joka on huomattavasti suurempi kuin v.1973-77 arvot.

Tämän tutkimuksen yhteydessä ei tavattu yhtään sellaista työkohteita, missä KUP olisi kuormannut varsinaisessa leikkauksessa. KUP:n käyttöä kantamisessa ei myöskään tavattu maanleikkauksessa, sillä pyrkimyksenä oli tutkia sellaisia työkohteita, missä esiintyisi myös kuorma-autoja kuljetustöissä.

KUP:n palkkaus on yhä yleensä aikaperusteinen. Vuonna 1979 KUP:n kaikista töistä vain 19 % tapahtui urakkataksalla.

Kuormaus varamaalta on helppo järjestää urakkapohjaiseksi. Tässä tutkimuksessa KUP:n kuormatessa varamaata penkereeseen kaikki tapahtui urakkataksalla. Tutkimustilanne on aina jollakin lailla erikoistilanne. Tässäkin tapauksessa lie-
nee tiettyjä hyvien työkohteiden valikoitumista tapahtunut. Yhdessä pienehkön havaintomäärän kanssa ei kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä tältä osin voida tehdä.

Havaitut tulokset varamaiden kuormauksessa osoittivat:

- hyvä keskimääräinen työsaavutus johtuu suurelta osin urakkatöistä, sillä kaikki havainnot koskivat juuri urakkataksalla tehtyä kuormaustyötä
- varsinaisissa rakentamis- ja suuntauksen parantamistöissä saavutettiin ja ylitettiin TS-kortin ilmoittama vastaava kapasiteetti, kun rakenteen parantamistöissä jäätettiin 10-15 % TS-kortin ilmoittaman kapasiteetin alapuolelle
- urakkataksaa käytetään yleensä isojen koneiden yhteydessä (tässä tapauksessa ≥ 19 t)
- KUP:n varsin suuri kapasiteetti aiheuttaa suuria vaatimuksia kuljetusketjun toiminnalle ja oikealle mitoitukselle ja varsinkin rakenteen parantamistyömailla erityisesti purkupään liikenteen huono järjestely kääntymis- ja kohtaamispaikkoinen aiheuttaa odotuksia kuormaajalle
- auton odotusaikaa rakentamistöissä oli 4 % ja rakenteen parantamistöissä keskimäärin 13 % työvuoron ajasta
- urakkataksa on edullista, sillä keskimääräinen taksa oli 0,85 mk/m³itd ja vaihtelualue 0,55 - 1,20 mk/m³itd (taulukko 8)
- jos joko kuormaus- tai levityspäässä on selvästi jo etukäteen tiedossa olevia "ylipääsemättömiä" järjestelyvaikeuksia, olisi syytä valita pieni KUP; tällöin massavirta hidastuu, mutta kokonaisuutena päästään työn tehokkuuden parantumisen kautta edullisempaan tulokseen
- KKH:n käyttö rajoittui, kuten oikein onkin, vain vaikeisiin kaivuluokkiin yhtä poikkeusta lukuunottamatta yksikkökustannuksen oltua keskimäärin 1,30 mk/m³itd eli noin puolet kalliimpaa kuin KUP:n käyttö helpoissa ja keskinertaisissa kaivuluokissa (taulukko 8).

Taulukko 8. Varamaiden kuormauksen konetyön yksikkökustannus (KUP, KKH). Vrt. myös kuva 15. (V.1979 hintataso)

KONE	TAKSA	KESKIVARVO (mk/m ³ itd)	VAIHTELUALUE (mk/m ³ itd)
KUP	urakkataksa	0,85	0,55 - 1,20
KKH	aikataksa + urakkataksa	1,30	1,20 - 1,50

4.23 Pyöräkuormaja päällysrakennekerrosmateriaalien kuormauksessa

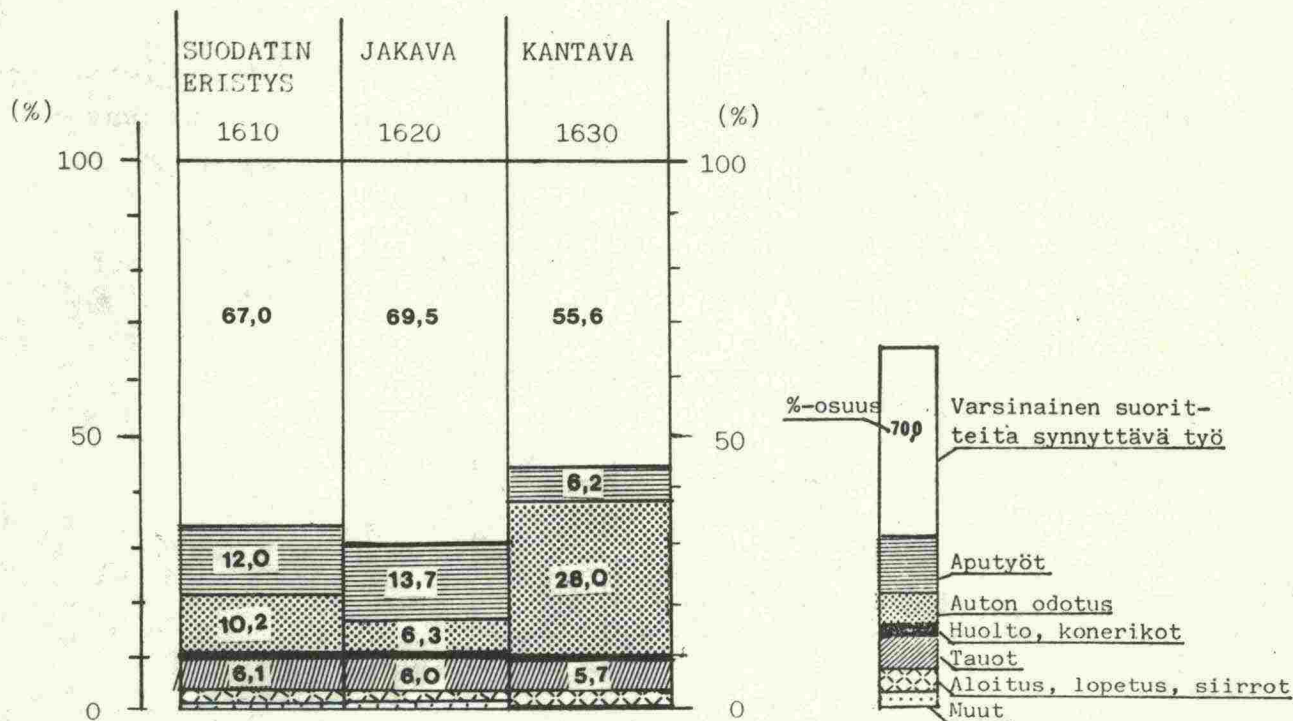
Tutkimustulos osoittaa, että KUP jää selvästi jälkeen TS-arvojen ilmoittamasta arvosta (taulukko 9). Ainoastaan kantavan kerroksen materiaalin osalta tilanne näyttää hyvältä.

Taulukko 9. KUP:n kapasiteetin suhde vastaavaan TS-arvoon keskimäärin (%).

LITTERA	K2	K3
	(%)	(%)
1610 (eristys)	73	70
1620 (jakava)	61	63
1630 (kantava)	101	79

Kapasiteettien tasotiedot (taulukko 9) yhdessä ajankäytön tarkastelun (kuva 17) kanssa kertovat:

- 1610- ja 1620-litteralla varsinaisen työajan osuus on suurempi kuin 1630-litteralla, jossa kuitenkin K2:n suht.arvo on suurempi eli kyse on selvästi eri työvauhdista
- suoritteita synnyttävän työn aikaosuuden venyminen ja samalla alhainen kapasiteettitaso kertovat huonoista työnjärjestelyistä
- 1630-litteran suhteellisen heikko työvuorokapasiteetti (K3) aiheutuu suuresta autojen odotuksen osuudesta, mikä on selvä osoitus kuljetusketjun mitoituksen epätarkkuudesta
- 1610- ja 1620-litteralla aputöiden ja auton odotuksen raja on kuten maanleikkauksessakin epäselvä
- muut kuin auton odotuksista aiheutuneet tauot ovat keskimäärin normaalia tasoa.



Kuva 17. KUP:n ajankäyttö rakennekerrosmateriaalien kuormauksessa (%).

KUP:n suhteellisten kapasiteettien (taulukko 9) hajonnat olivat saman suuruisia kuin vastaavat KKH:n hajonnat maanleikkauksessa eli 20-30 %. Tämä kuvaa sitä, ettei muutama huono työkohde ole päässyt vaikuttamaan 1610- ja 1620-litteran pieniin suhteellisiin kapasiteettiarvoihin, vaan kysymys on huonosta kokonaistilasta.

Hanketyypeittäin tarkasteltuna parhain kapasiteettitaso saavutetaan varsinaisen rakentamisen ja suuntauksen parantamisen yhteydessä (taulukko 10). Liikenteen alasilla teillä ja pienimuotoisessa rakentamisessa taso on alhaisempi kuten oli laita myös maanleikkaustöissä.

Kevyen liikenteen väylien rakentaminen sisältää kerrosmateriaalien osalta tutkimuksia toimitusurakoista, joissa toimittajan huonoista työnjärjestelyistä johtuen kapasiteetit olivat yllättävän huonoja. Ilman toimitusurakoita keskimääräinen kuormauskapasiteetti nousee lähes rakenteen parantamisen tasolle. Toi-

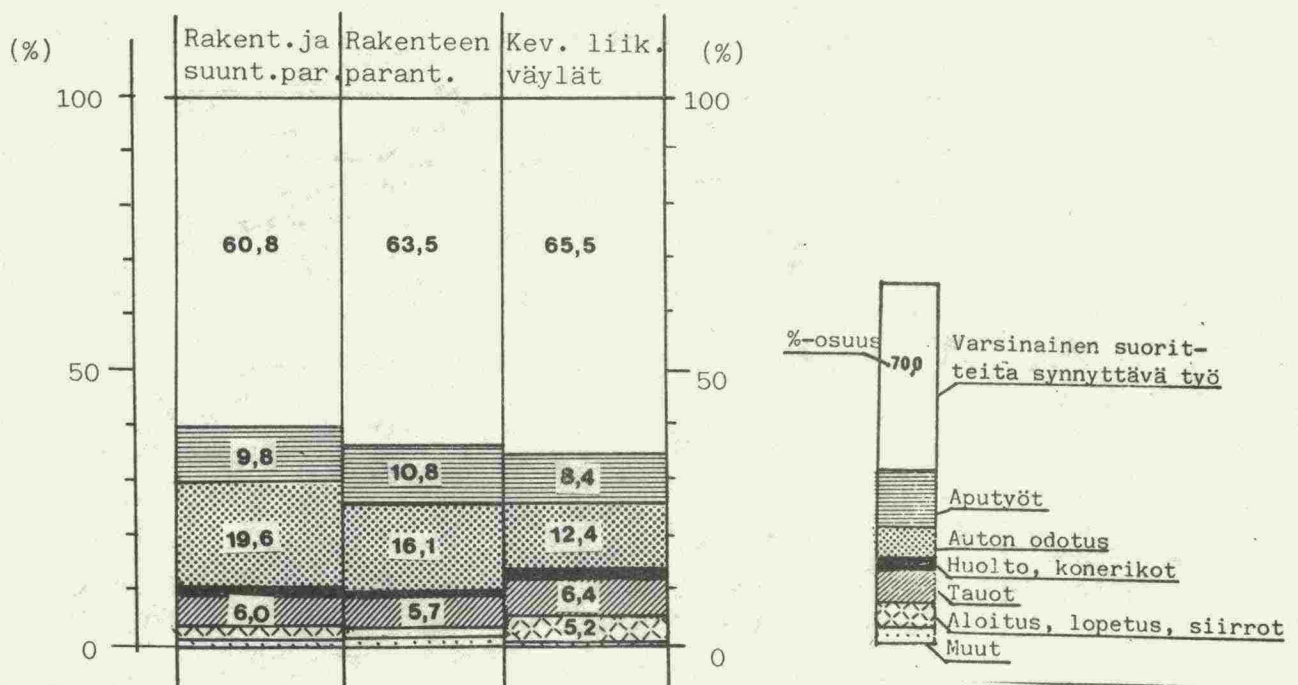
mitusurakoiden huono puoli on epäsäännölliset toimitukset keskimääräisen kapasiteetin näin laskiessa.

Taulukko 10. KUP:n kapasiteetin suhde TS-arvoon hanketyypeittäin (%).

LITTERA	HANKETYYPPI					
	r+sp		rp		kev. liik.väyl.	
	K2	K3	K2	K3	K2	K3
1610+1620	80	77	63	67	52	51
1630	112	82	97	78		

Vastaava ajankäytön tarkastelu osoittaa (kuva 18):

- kapasiteettien ja ajankäytön välillä on se kummallinen ero, että kun ajankäyttö muodollisesti tehostuu (varsinaisen suoriteajan osuus lisääntyy), niin kapasiteetti vastaavasti pienenee ja päinvastoin; eli autojen puutetta esiintyessä kuormaa "tarkoituksellisesti" kuormaa hitaammin
- auton odotusten osuus on kaikilla hanketyypeillä huomattavasti normaalia suurempi (kuljetusetäisyydet 1600-littralla pitkiä)
- työvauhdin parantuminen tapahtuisi lähinnä kuljetusketjun mitoitus- ja tarkistamalla ja kuormaus- ja levityspään työnjärjestelyjä tehostamalla



Kuva 18. KUP:n ajankäyttö hanketyypeittäin (%).

Aikataksalla kuormattaessa KUP:n suhteellinen kapasiteetti (K2) pysyy eri kokoluokissa vakaana (kuva 19). K3:n ja K2:n välinen ero aiheutuu lähinnä auton odotuksesta ja työnjärjestyksellisistä seikoista.

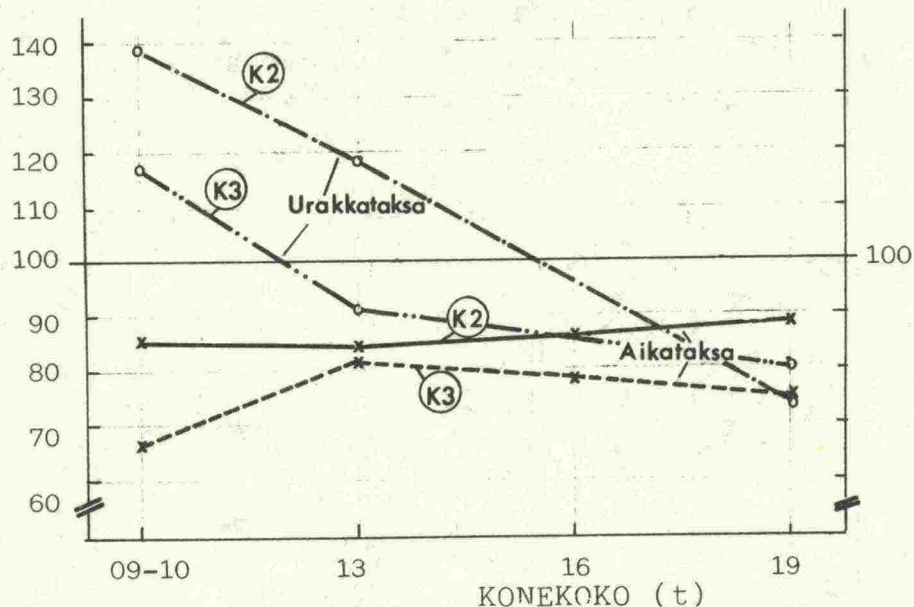
Urakkataksan käyttö on ollut edullista toteutuneiden työsaavutusten parantumisen kannalta pienissä koneluokissa. Ison KUP:n työsaavutus on suuri, joten myöskään urakkataksalla kuormattaessa ei ole pystytty koneelle järjestämään tarpeeksi jatkuvaa työtä, vaan kapasiteettitaso on, päinvastoin kuin isoilla KKH:lla, tuntitaksalla kuormatun luokkaa ("ketju ei vedä" tehokkaasti suurilla kapasiteeteilla).

Kevyen liikenteen väylien osuutta ei kuvassa 19 ole mukana niiden eri luonteen takia (toimitusurakat).

SUhteellinen
KAPASITEETTI
(%)

(TS - arvo = 100 %)

(%)



Kuva 19. KUP:n suhteellinen kapasiteetti aika- ja urakkataksalla (kevyen liikenteen väylät eivät ole mukana).

Urakkataksalla kuormattaessa:

- K3-kapasiteetti on 5-35 % suurempi aikataksaan verrattuna keskimääräisen arvon ollessa n. 20 %
- KUP:n suuri absoluuttinen kapasiteetti aiheuttaa työnjärjestelyille vaatimuksia, joita kuvan 19 perusteella isoille koneille ei ole pystytty täyttämään, jos kapasiteettitasoa käytetään mittapuuna
- pienten KUP:n osalta K2 on hyvää tasoa, mutta K3:n suhteellisesti pienempi arvo aiheutuu ajankäytön tehottomuudesta.

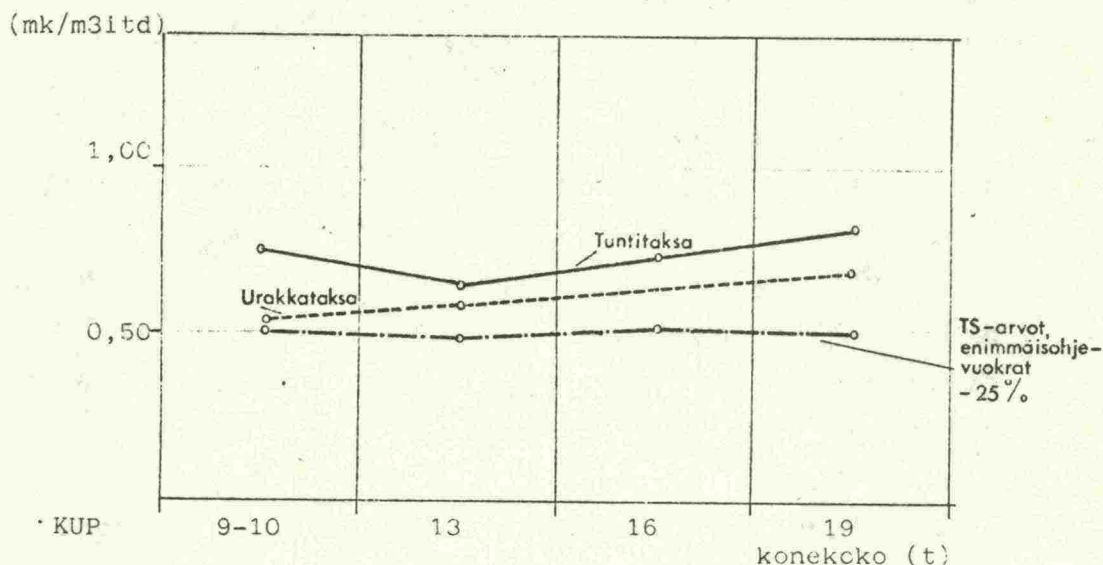
Urakkataksalla kuormattaessa toteutuneet arvot näyttävät sen suunnan, että koneilla on mahdollisuuksia hyviin suorituksiin, jos vain järjestelyt hoidetaan kunnolla.

KUP:n käyttö urakkataksalla on nykyisin noin 20 % kaikista maksetuista tunneista. Tässä tutkimuksessa 1600-litteralla taksojen käyttö jakaantui:

- | | |
|------------------|------|
| - aikataksa | 58 % |
| - urakkataksa | 35 % |
| - toimitusurakat | 7 % |

Koska tähän tutkimukseen on valikoitunut keskimääräistä enemmän urakkataksakohteita ja muutenkin näyttää tiettyä huonojen, pienten työkohteiden karsiintumista esiintyneen, on edellä esitettyjä keskimääräisiä arvoja (taulukot 9 ja 10) katseltava siinä valossa. "Todellisessa keskiarvotilanteessa" lienevät taulukkojen arvot 5 %-yksikköä (5-10 %) pienempiä.

Aikataksalla toteutunut kuormauksen yksikkökustannus on 10-40 % korkeampi kuin urakkataksalla (kuva 20). Urakkataksa vastaa melkein samaa kuin jos kuormattaisiin keskimääräistä tuntivuokraa käyttäen TS-tiedon ilmoittamalla kapasiteetilla.

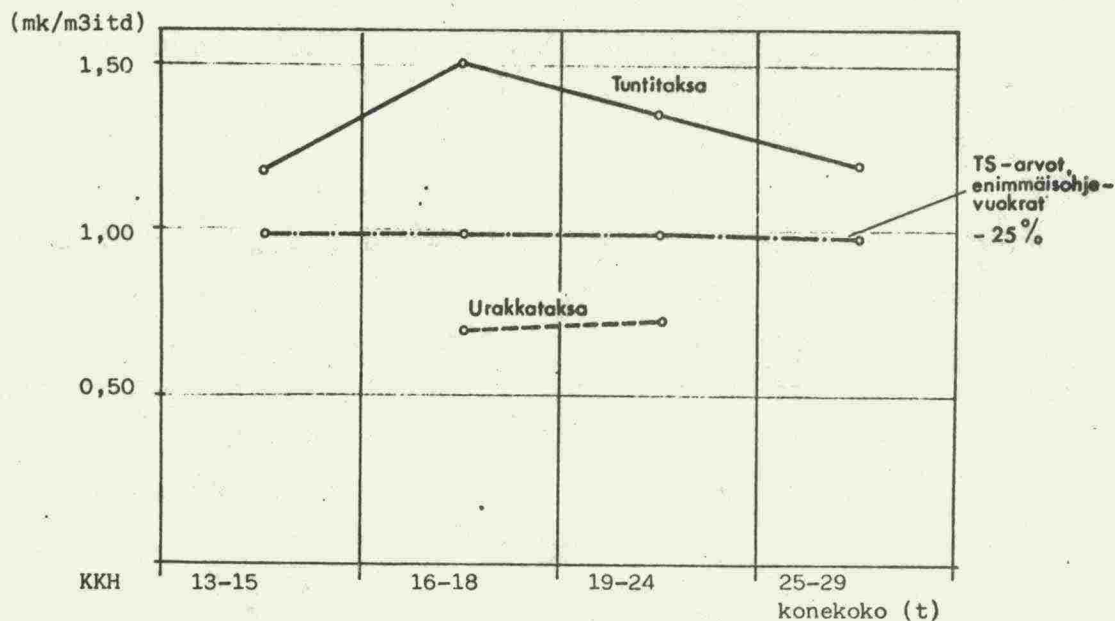


Kuva 20. KUP:n kuormaustyön ^{toteutunut} yksikkökustannus 1600-litteralla tunti- ja urakkataksalla sekä vastaava teoreettinen arvo (v.1979 hintataso).

Päinvastoin kuin KKH:lla maanleikkaustöissä ei KUP:n kuormaustyön yksikkökustannus vaihtelee kovinkaan paljon eri kokoluokissa. Tämä johtuu siitä, että KUP:aa käytetään yleensä helpohkojen kaivuluokkien yhteydessä.

Iso KUP tulee edulliseksi vain silloin, jos sille pystytään osoittamaan sellainen työ, joka on jo etukäteen järjestetty kunnolla. Varmempi on valita pienempi KUP, jonka kapasiteetti on kuitenkin suhteellisen suuri ja sen vajaakäyttötunnit tulevat halvemmiksi.

V.1979 käytettiin KKH:ta 22,5 % KUP:n ja KKH:n yhteisistä tunneista laskien 1610 + 1620 + 1630-litteroilla. Tässä tutkimuksessa vastaava arvo oli 20,8 %. Koska KKH:n käyttöä on jo edellisessä luvussa selvitetty, tyydytään toteamaan, että KKH:n käyttö 1600-litteran kuormaustöissä on aikataksalla noin 45 % ja urakkataksalla noin 20 % kalliimpaa yksikköä kohden (kuva 21) verrattuna KUP:n vastaaviin arvoihin. Kyseessä on siis toteutunut arvo. Työsaavutukset olivat samaa suhteellista tasoa kuin varsinaisessa maanleikkaustyössä.



Kuva 21. KKH:n kuormaustyön yksikkökustannus 1600-litteralla sekä vastaava teoreettinen arvo (v.1979 hintataso).

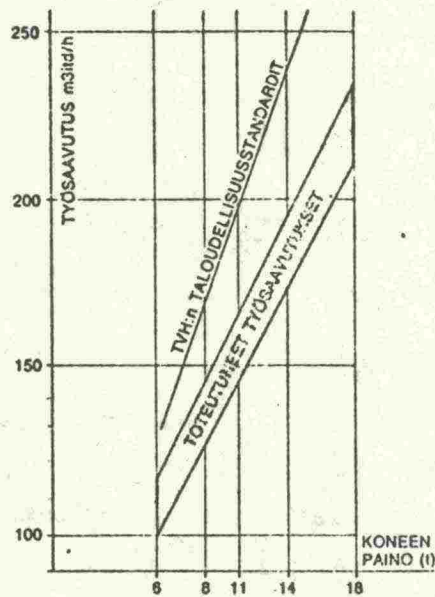
KUP:n keskimääräisen kapasiteetin vertailu v.1973 tutkimuk-
siin:

- vertailussa painoluokat 09-19 t
- 1630 puuttuu kokonaan v.-73 tutkimuksista
- vertailtavana työvuorokapasiteetti (K3)
- v.-73 tutkimuksessa saavutettu kapasiteettitaso oli 70 % silloisista standardiarvoista, mutta sen jälkeen KUP:n kapasiteettiarvoja on nostettu (TS-arvo)
- v.-73 tutkimuksessa kapasiteettien hajonta oli suuri, jota selitettiin yksinomaan autojen puutteella
- redusoidulla v.-73 keskimääräinen taso nykyiseen saadaan tasoksi noin 62 %
- nykyinen 1610 + 1620 taso on keskimäärin 65 % (taulukko 9) ja ottamalla huomioon tämän tutkimuksen suuren urakkatyöosuuden (väh. n. 5%), saadaan arvoksi 60 %
- ero on siis 2 %-yksikön luokkaa
- suoraan absoluuttisista kapasiteettiarvoista laskien saadaan tieto, että keskimääräinen kapasiteetti on noin 8 % alhaisempi kuin v.-73 (painotettu keskiarvo).

Kuten KKH:n kapasiteettien vertailussa todettiin, lasku aiheittuu:

- toiminnan luonteen muuttumisesta
- edellisestä seuraa, että pienten kohteiden työnjärjestyksen taso ei ole seurannut niitä vaatimuksia, joita nykyrakentaminen vaatii.

Myös aikaisemmin on KUP:n tutkittuja arvoja verrattu vastaaviin suunnittelutietoihin ja todettu työsaavutusten erot (kuva 22). Tiedot pätevät hyvin aikataksan suhteen, mutta urakkatyöt huomioiden ainakin pienemmissä painoluokissa suunnittelutietoarvot ovat hyvin saavutettavissa. Suunnittelutietoarvot soveltuvat keskimääräisesti paremmin kantavan kerroksen murskeen kuormaukseen.



Kuva 22. KUP:n 70-luvun puolivälissä toteutuneiden työsaavutusten vertailu työsuunnittelutietoihin. (Rakennustuotanto 4/77. Kankainen)

4.24 Arvio työsaavutuseroista piirien välillä

Piirikohtaisista työsaavutusten (K3) keskiarvoista lasketut keskihajonnat vaihtelivat seuraavasti:

- KKH, aikataksa	16 %	}	rakentaminen + suunt.parant. + rakent.parant.
- KUP, aikataksa	23 %		
- KKH, urakkataksa	11 %		
- KUP, urakkataksa	15 %		
- kev.liik.väylät (KKH,KUP)	19 %		

Urakkataksalla päästään siis keskimäärin tasaisempaan suoritukseen kuin aikataksalla ja tätä väitettä tukee myös keskihajonnan suhteellisen pienet arvot juuri urakkataksalla kuormattaessa.

KUP:n työsaavutusten piirikohtaisten keskiarvojen hajonta on suurempi kuin KKH:n. Koska KUP:n kapasiteetti on yleensä KKH:ta suurempi, niin KUP:llä kuormattaessa työnjärjestelyjen merkitys korostuu entisestään. Myös tämä tulos osoittaa, että parantamisen varaa nykyiseen tasoon verrattuna on perustellusti olemassa.

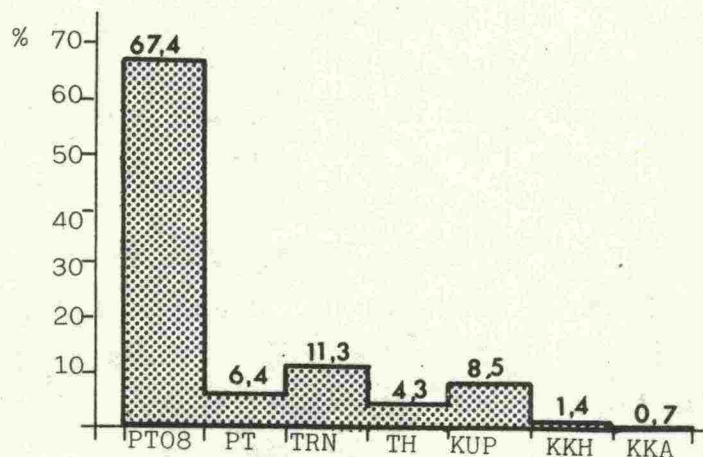
Koska kenttätutkimukset tehtiin piirissä keskimäärin 2-3 hankkeella ja ne painottuivat määrällisesti (kuva 12) ja laadullisesti eri lailla, ei ole ollut perusteltua esittää suoranaisia piirikohtaisia arvoja, sillä ne eivät ole kyllin vakuuttavia kuvaamaan eroja eri piirien välillä. Kysymyksessä onkin enemmän hankkeiden väliset erot, jotka aiheutuvat paitsi erilaisista olosuhdetekijöistä myös erilaisista työn suunnittelu- ja toteutusmenettelyistä.

4.3 Levitystyöt

4.31 Maaleikkausmassojen levitys

Maaleikkausmassojen levityksessä ja läjityksessä yleisin kone on PT ja siinä kokoluokka 8 t. Massojen läjityksessä myös kuormaavien koneiden käyttö on lisääntynyt (kuva 5).

Tämän tutkimuksen yhteydessä tehty inventointiselvitys levityskoneista on otos tämän hetken konekalustosta (kuva 23).



Kuva 23. Maaleikkausmassojen levityksessä ja läjityksessä käytettyjen koneiden jakautuma inventointitietojen mukaan (%).

Koska litterointimuutoksen takia ei v.-79 saada vertailutietoja, on nykyistä jakautumaa verrattu v.-75 ja -77 (silloiset litterat 1540 + 1570, pengerrys + läjitys) jakautumiin (taulukko 11).

Taulukko 11. Levitys- ja läjityskonekaluston käyttö v.1975, 1977 ja tutkimustieto v.1979.

KONE	PANOSRAPORTTI		TUTKIMUS
	1975	1977	1979-80
PT	64,0	59,5	73,8
TRN	11,9	10,0	} 11,3
TR	1,5	3,8	
TH	6,8	4,6	
KKH	6,5	7,8	4,3
KKT	5,3	10,2	1,4
KUP	4,0	4,1	-
YHT.	100,0	100,0	8,5
			100,0

Jos tutkimuksen arvoja vertaa aikaisempien vuosien arvoihin voisi olettaa PT:n suosion jälleen lähteneen kasvamaan. Toisaalta tutkimuksen otos ei ole täysin vertailukelpoinen.

Penkkakone täytyy valita siten, että sen kapasiteetti varmasti riittää. Näin estetään ketjun muun toiminnan heikkeneminen.

Usein levityskoneeksi otetaan PT 08 asiaa tarkemmin pohtimatta. Ko. koneen toteutuneiden kapasiteettien hajonta on melkoisen suuri (taulukko 12). Tämä johtuu siitä, että PT levittää sen määrän, minkä autot paikalle tuovat. Koneelle jää paljon ylimääräistä aikaa (K3/K2-suhde on pieni).

Hajontojen suuruudesta johtuu, että useissa tapauksissa pienempi levityskone riittäisi.

Taulukko 12. PT 08:n toteutunut keskimääräinen kapasiteetti 1500-litteralla (m3itd/h).

KAPASITEETTI	PENGERRYSTAPA	
	kerrospengerrys	päätypengerrys
(K2) ka haj.	161 ± 119	186 ± 157
(K3) ka haj.	101 ± 59	104 ± 61
a2 keskim. (K3/K 2)	0,63	0,56

Myös v.-73 tutkimus antaa saman keskimääräisen K3-arvon PT 08:lle hajontojen ollessa silloin 50-60 % eli hyvin suuret.

Kuormauspään toteutuneesta kuormauskapasiteetista ja tällöin käytössä olleesta penkkakoneesta muodostui taulukko 13.

Taulukko 13. Eri penkkakoneiden jakautuminen eri kuormauskapasiteettiluokkiin tutkimuksen mukaan.

KUORMAUSKAPASITEETTI K3 (m3itd/h)	PENKKAKONEJAKAUTUMA (%)		
	PT 08	TRN 70P	MUUT
- 79	45,2	51,9	41,6
80 - 119	25,2	25,9	5,6
120 - 159	17,8	7,4	36,1
160 -	11,8	14,8	16,6
yht. (%)	100,0	100,0	100,0

Puskulevyllä varustetun nelivetotraktorin (TRN) kapasiteetti on pienempi kuin PT 08:lla. Keskimääräistä pienemmillä pengerpaksuuksilla (päätypengerrys n. 2 m, kerrospengerrys 0,3 m) on TRN K3-kapasiteetti noin 120 m3itd/h (TS-tietoarvo).

PT 08:aa käytettiin 70 %:ssa tapauksissa, joissa kuormauskapasiteetti oli alle 120 m³itd/h (taulukko 13). V.-79 maksettiin PT 08:lle tuntivuokraa keskimäärin 70 mk/h ja TRN:lle 52 mk/h. Jos vähäinenkin osa PT 08:aa korvattaisiin TRN:llä, saavutettaisiin tällä 18 mk tuntivuokraerolla huomattavia kustannussäästöjä kokonaisuusikköhinnan alentumisena.

PT 08 on käytössä tehokkaimmillaan, kun materiaalia tulee paljon. Tutkimuksessa kuormaavina koneina toimi KKH:n kaikkia kokoluokkia sekä KUP 09 ja KUP 19. Missään ei kuitenkaan ilmennyt, että PT 08 olisi "tukehtunut".

PT:n yleisyys vaikutti siihen, että muista koneista ei saatu luotettavaa määrää havaintoja. Ajankäytön tarkastelu osoittaa, että myös muut levityskoneet kuin PT 08 selviytyvät hyvin. Varsinainen suoritteita synnyttävän työajan ja auton odotuksen osuudet työajasta kertovat sen, että työ levityskoneen osalta on ollut sujuvaa (taulukko 14).

Taulukko 14. Levityskoneiden ajankäytön jakautuminen (%).

AIKALAJI	LEVITYSKONE			
	PT 08	KUP 11 TH 16	PT 05 PT 21	TRN 70 TRN 85
Vars. työ	60,9			63,3
Aputyöt	4,2			4,5
Auton odotus	15,0			11,2
Huolto, konerikot	2,3			0,8
Tauot	6,2			7,1
Aloitus, lopetus, siirrot	3,5			1,7
Muut	8,0			11,3

Yksittäinen tutkimustulos osoitti, että TRN 70 P levitti KUP 10:n kuormatessa levityskapasiteetin (K3) oltua 162 m³itd/h. Varsinainen suoriteaika oli 85 % työvuoron ajasta ja odotusajat olivat minimissä. Kuljetuskalusto koostui 9:stä autosta (6,3 km). Kuorma-autoja oli jonossa 25 % työvuoron ajasta. Jonotus ei kuitenkaan kokonaisuudessaan johtunut levityskoneesta vaan olosuhteista kyseisellä rakentamistyömaalla.

Tutkimuksen havaintojen mukaan levityskoneen työskentelystä ei aiheudu jonotusta kuorma-autoille. Sen sijaan kuorma-autot saattavat joutua jonottamaan levityspäässä mm. seuraavista levityskoneesta riippumattomista syistä:

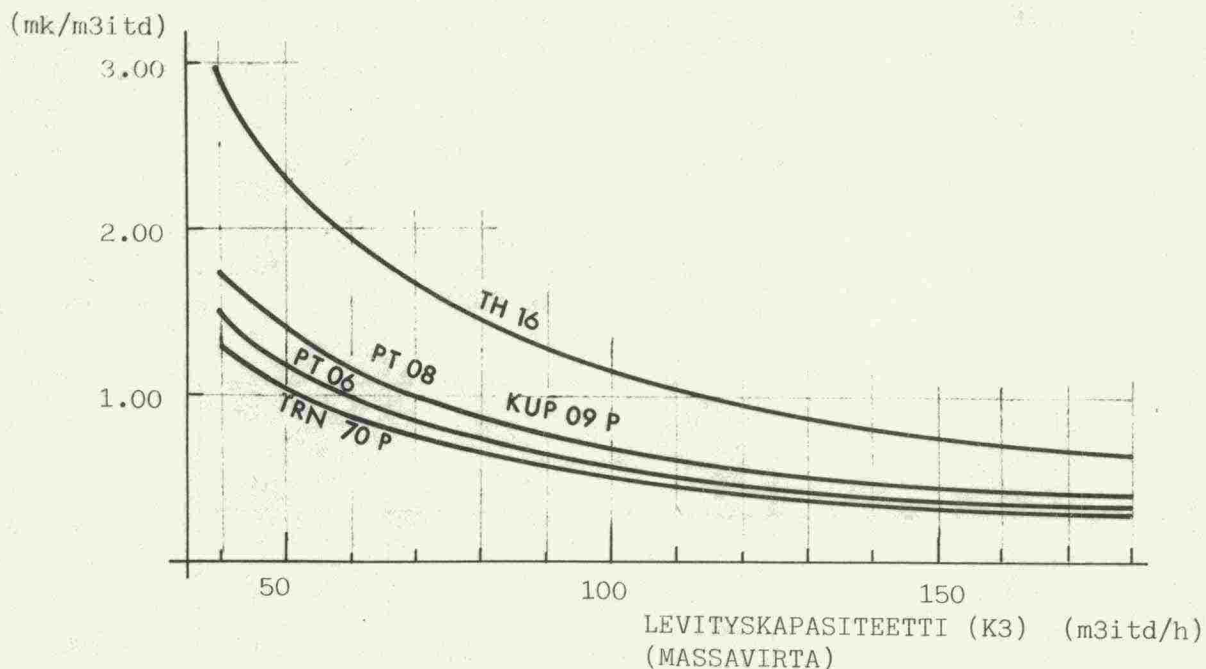
- kääntöpaikat
- ohituspaikat
- peruutusmatkat
- työmaan sisäinen liikenne
- yleinen liikenne
- erityisolosuhteet.

Kuorma-autot haittaavat helposti toisiaan purkupäässä, jos kuormauskapasiteetti on suuri. Kuormaus kestää parhaimmillaan alle 2 minuuttia, joten huono järjestys purkupäässä puurouttaa tilanteen yleisen liikenteen vielä pahentaessa sitä. Kuormajalle aiheutuu myös odotusta ja koko ketjun yksikkökustannus kasvaa.

Levityksen yksikkökustannus riippuu maksetusta tuntivuokrasta ja materiaalin tulokapasiteetista. Mitä vähemmän materiaalia saapuu sitä kalliimmaksi levitystyö tulee. Kalliilla koneella yksikköhinta on suhteessa pienellä kapasiteetilla levitettäessä erityisen kallista (kuva 24).

Kuvan 24 arvot on laskettu käyttäen tuntivuokrana v.-79 keskimääräisiä maksettuja vuokria:

-	TH 16	117 mk/h
-	PT 08	70 -"-
-	KUP 09 P	70 -"-
-	PT 06	59 -"-
-	TRN 70 P	52 -"-



Kuva 24. Konetyöyksikkökustannus eri levityskoneilla K3-kapasiteetista riippuen. (V.1979 keskimääräiset hinnat)

PT ja TRN selviytyvät levitystehtävästä useissa tapauksissa lähes yhtä hyvin. Erityisesti siellä missä koneelta edellytetään hyvää siirrettävyyttä, muodostuu TRN:n käyttö hyvinkin edulliseksi. On kuitenkin syytä muistaa, että levityskoneen osuus koko massansiirtoketjun kustannuksista on verraten pieni, joten tietty varmuus levitystehossa kannattaa säilyttää sitä kuitenkaan liioittelematta.

4.32 Sitomattomien päällysrakennekerrosten levitys

Rakennekerrosten levityksessä eri levityskoneiden osuudet vaihtelevat riippuen siitä, mitä rakennekerroksia tehdään (materiaalit erilaisia). Yleisimmät koneet ovat PT 08 ja TH 16 (taulukko 15).

Taulukko 15. Levityskoneiden käyttöjakautuma v.1979 levitystunneista laskettuna (%).

LEVITYSKONE	SUODATIN + ERISTYS 1610	JAKAVA 1620	KANTAVA 1630
PT 08	44,4	30,0	8,6
PT muut	14,2	7,2	4,0
TH 16	6,8	19,8	30,4
TH muut	6,3	19,1	31,4
TRN + TR	28,3	23,9	25,6
yht. (%)	100.0		

Kommentteja jakautumasta:

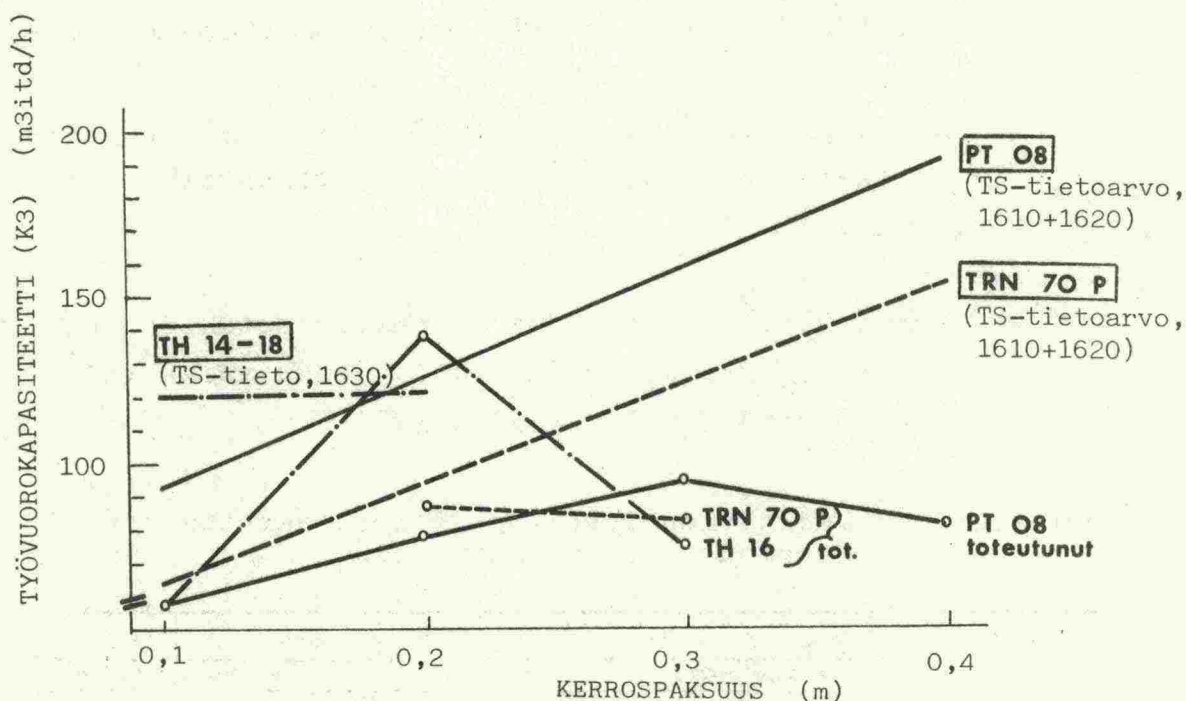
- 1979 toteutuneesta tiedosta ei saa irti kuormauskoneiden osuutta levitystyössä (niitäkin käytetään)
- toteutuneeseen tietoon sisältyy levitystyön lisäksi tasaustyötä (esim. pohjien teko ennen päällystystä)
- TRN:n käyttö on jo suhteellisen yleistä, joskin käyttöä voidaan vielä lisätä
- TH:n käyttö jakavan ja kantavan kerroksen teossa on kyseenalaisen yleistä; kantavan kerroksen teossa oli v.-79 TH:n osuus kaikista ko. litteran konetyötunneista 33 % ja kaikista konetyökustannuksista peräti 42 %; jakavan kerroksen vastaavat luvut olivat myös korkeita eli 21 % tunneista ja 27 % markoista laskettuna.

Voidaankin kysyä, onko TH:n käyttö varsinaisessa levitystyössä tarpeen ottaen huomioon tuntivuokrien suuruus, joka TH:lla on korkea. Myös tasaustyön määrä/laatu-suhteeseen tulisi kiinnittää huomiota. Tiehöylän pito työmaalla vajaa-käyttöisenä tulee varmasti kalliiksi verrattuna esim. TRN:iin.

Voidaan ajatella, että TH käy lopuksi tasaamassa omana kokonaisuutena ja levitys hoidetaan halvemmilla koneilla.

Eri levityskoneiden keskimääräiset työsaavutukset eivät oleellisesti poikkea toisistaan (kuva 25).

Jääminen selvästi alle TS-tietojen sekä suuret hajonnat (30-35 %) osoittavat, että levityskoneen koko tehoa ei keskimäärin käytetä hyväksi. Parhaimman tehokkuuden TS-tietoihin verrattuna saavutti TRN, sekä TH 16, jonka TS-arvo koskee kantavaa kerrosta.



Kuva 25. Levityskoneiden toteutunut kapasiteetti (K3) ja TS-arvot eri kerrospaksuuksilla.

Vertaamalla toteutuneita keskimääräisiä työsaavutustietoja (K3) vuoden 1973 tutkimuksiin ovat nykyiset työsaavutukset selvästi pienempiä. Eristys- ja jakavan kerroksen osalla nykyinen työsaavutus on vain 50-70 % v.1973 tasosta. Kantavan kerroksen levityksessä päästään arvoon 85-90 %.

Ajankäytön tarkastelu osoittaa (taulukko 16):

- PT 08:n osalta:
 - varsinainen suoritteita synnyttävä työaika on suu-
rimmillaan ison kuormaajan kuormatessa
 - toimitusurakoiden kyseessä ollen levityskone on epä-
taloudellisessa käytössä materiaalin tulon epäsään-
nöllisyydestä johtuen
 - auton odotukset ovat suhteellisen korkeaa tasoa, jo-
ten kapasiteettia riittää
- TH:n osalta:
 - kuormaavan koneen koolla ei ole vaikutusta ajan-
käyttöön eli massat levitetään ja loppuaika tasoi-
tellaan
 - koneen kalleus huomioiden TH:n käyttö levitystyössä
nostaa turhaan kokonaisyksikkökustannusta (vrt. ku-
va 24)
- TRN:n osalta:
 - varsinaisen suoriteajan ja auton odotuksen suhteel-
liset osuudet kertovat, että mitään vaikeuksia le-
vitystyössä ei ole esiintynyt

Taulukko 16. Levityskoneiden ajankäytön jakautuminen
kuormaustavan mukaan (%).

AIKALAJI	PT 08				TH 14-16		TRN 70P
	KUORMAAVA KONE				KUORMAAVA KONE		KUORMAUS
	KUP 09-13	KUP 19-22	TOIM.URAK.	SIILO, LM	KUP 09-10	KUP 13	KUP 10 tai LM
Vars. työ	43,6	67,1	22,3	55,9	71,3	70,3	69,0
Aputyöt	4,5	10,4	23,2	0,5	4,3	6,3	4,9
Auton odotus	36,6	11,4	17,7	37,4	8,5	6,9	11,8
Huolto, konerikot	-	0,1	-	1,7	1,7	0,8	2,1
Tauot	6,6	5,4	8,9	3,6	6,4	6,6	4,9
Aloit. lopetus, siirrot	3,4	4,2	5,3	0,9	6,1	4,0	1,4
Muut	5,3	1,4	22,6	-	1,7	5,1	5,9

Levityskoneen toimintakykyä kuvaa myös se, että autojen jono-
tus jäi vähäiseksi. Jonotustilanteita syntyi, kun oli kysees-
sä toimitusurakka, rakenteen parantamis- tai kevyen liikenteen
väylätyömaa. Jonotus onkin kiinni purkupään työnjärjestelyis-
tä eikä levityskoneesta.

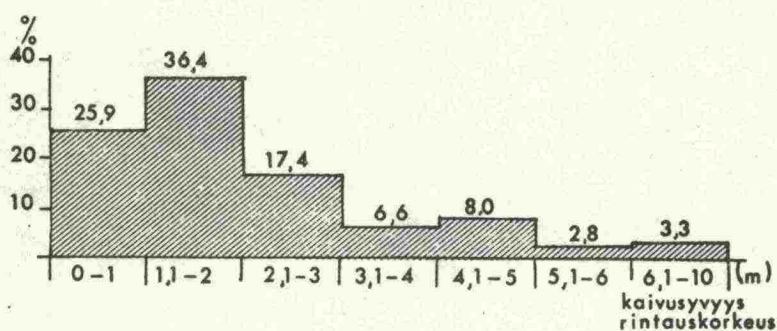
Vaikka levityskoneen kustannusosuus koko työketjusta on suhteellisen pieni, on siitä huolimatta harkittava sopivinta konetta. Valintaan vaikuttavat:

- levityspään arvioitu kapasiteetti
- tarjoushinnat
- levitettävä materiaali
- koneen mahdollinen muu käyttö
- koneen tasainen käyttö
- työmaan sisäiset siirtymiset

4.4 Kenttätutkimuksen olosuhdetiedot

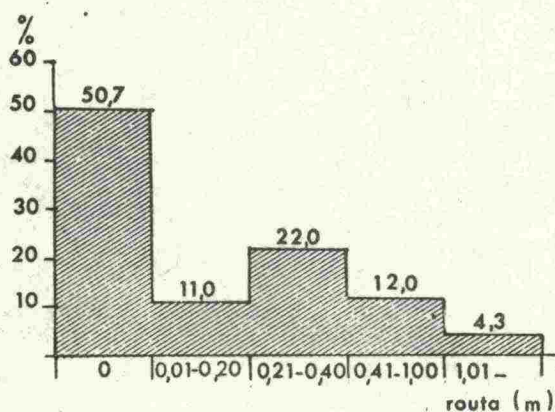
4.41 Maanleikkaustyöt

Kaivussyvyys oli enimmäkseen alle 2 metriä (kuva 26). Kuvaan sisältyy myös pengermateriaalin hankinta tielinjan ulkopuolelta (1530), jolloin kysymykseen tulee materiaalin otto rintauksesta (KUP).



Kuva 26. Kaivussyvyysjakautuma 1500-litteralla.

Puolet maanleikkauksista tehtiin roudattomana kautena ja yli metrin paksuinen routa esiintyi vain 4,3 %:ssa tutkituista työvuoroista (kuva 27).



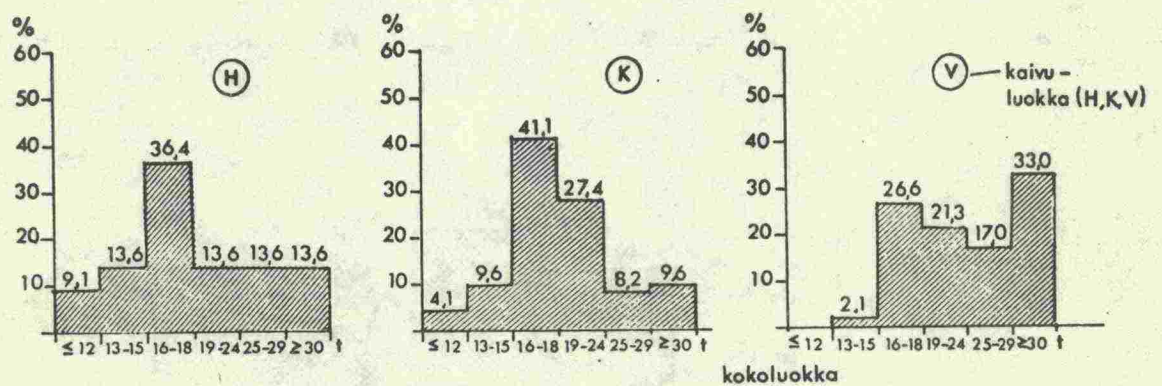
Kuva 27. Roudan syvyysjakautuma 1500-litteralla.

Jakautuminen määriteltäisiin kolmeen kaivuluokkaan ilmenee taulukosta 17. Vaikeisiin luokiteltavia oli noin puolet ja helppoja vain vähän yli 10 %, sillä talviajan kaivutyöt sisältävät routaantuneen maan leikkausta.

Taulukko 17. Kaivuluokittainen jakautuma 1500-litteralla.

KAIVULUOKKA	(%)
helpot (H)	11,7
keskinkertaiset (K)	38,6
vaikeat (V)	49,7

Vaikeissa kaivuluokissa KKH on yleensä valittu keskimäärin raskaammaksi kuin helpoimmissa kaivuluokissa (kuva 28).



Kuva 28. KKH:n kokojakautuma kaivuluokittain maanleikkauksessa.

4.42 Sitomattomat rakennekerrokset

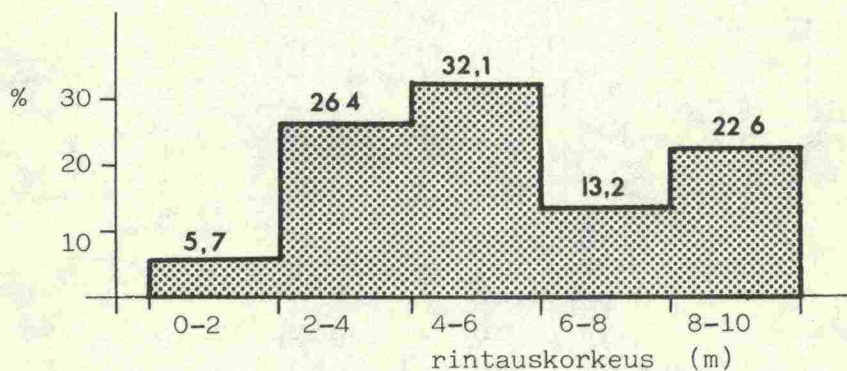
KUP:n käyttö kohdistuu 1600-litteralle kaivuvaikeudeltaan helppoihin materiaaleihin ja lähes roudattomissa olosuhteissa tapahtuvaan työskentelyyn. Tässä tutkimuksessa kaivuluokat jakautuivat 1610 + 1620-litteroille karkeasti:

- helpot (K1, K2) 70 %
- muut (K3, väh. routa) 30 %

1630-litteralla oli kysymyksessä murskeen kuormaus, joka arvioitiin helpoksi kaivuluokaltaan.

KKH:ta käytettiin kuormaustyössä materiaalien ollessa helppoja (K1, K2). Halvempi vaihtoehto olisi ollut KUP:n käyttö kuten edellä esitetyt yksikköhintavertailut osoittavat.

Kuormaus tapahtui kuvan 29 mukaisista rintauskorkeuksista.



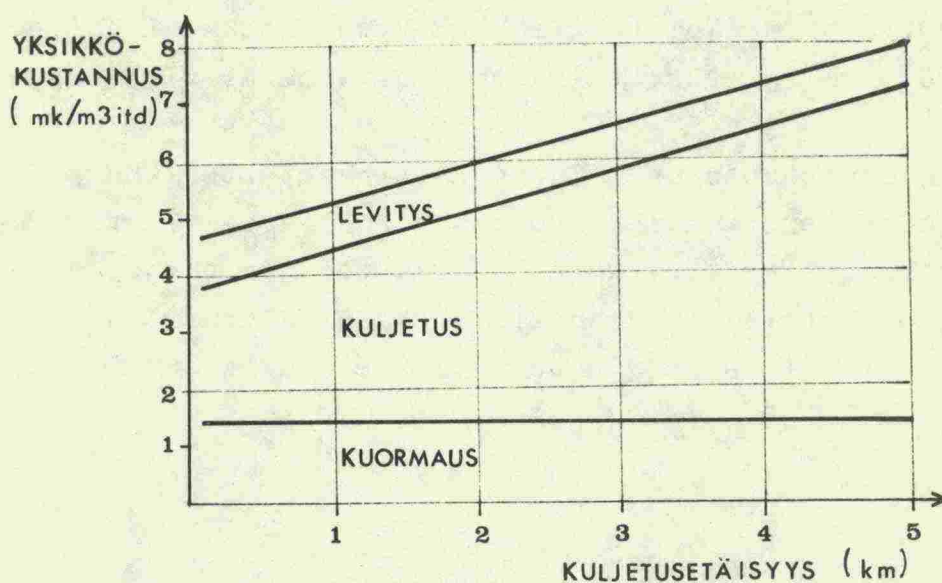
Kuva 29. Rintausten korkeuden jakautuma 1600-litteralla.

5. MASSANSIIRTOKETJUN TOIMIVUUS JA TALOUDELLISUUS

5.1 Yleistä

Konetyötä on totuttu käsittelemään yleensä erillisenä asiana koko massansiirtoketjussa. Näin voidaan tietyissä tapauksissa menetellä, mutta on muistettava, että työn toimivuutta ja taloudellisuutta tarkasteltaessa on otettava huomioon koko ketju yhtenä kokonaisuutena. Näin on tehtävä työketjua suunniteltaessa, jotta edullisin toteutustapa koko ketju huomioon ottaen voitaisiin valita.

Työketjussa merkittävimmän kustannusosuuden muodostaa kuljetus (kuva 30). Kuvasa on esitetty tärkeimpien ketjunosien kustannukset yksikköä kohti, mutta ketjukokonaisuus sisältää läheisesti myös tiivistämisen ja miestyön.



Kuva 30. Työketjun tärkeimpien osien toteutunut yksikköä kohti laskettu kustannus maanleikkaustöissä (vuoden 1979-80 hintataso).

Nykyisin suurin osa kuormaustyöstä tapahtuu aikataksalla ja lisäksi tuotantopalkkiotaksa kuljetuksissa sisältää myös ajasta riippuvaa osuutta, joten koko massansiirtoketju koostuu suurimmaksi osaksi aikaperusteisesta taksasta. Tällöin ketjun toimivuuden puutteellisuuksista aiheutuvat odotukset ja jonotukset synnyttävät helposti merkittäviä kustannusvuotoja.

Keskimääräinen massansiirtoketju koostuu seuraavasti:

- maanleikkaus: KKH + 3 KA + TRN 70P + 2 RM
- kerrosmassat: KUP + 6 KA + PT 08 + 2 RM

Vuoden 1979 keskimääräisillä hinnoilla laskien tulee keskimääräiseksi tuntihinnaksi koko edelliselle ketjulle maanleikkauksessa 350 mk/h ja kerrosmassoille 500 mk/h (kuljetus tuotantopalkkiotaksalla). Työvuorossa vastaavat arvot ovat 2660 mk/tv ja 3800 mk/tv. Rahaa liikkuu melkoisesti, vaikka mukana eivät ole tasaus- ja tiivistystyöt, koska ne eivät ole välttämättä sidottuja samaan ketjuun koko aikaa.

Edellisten lukujen valossa odotukset ja kapasiteetin alhainen taso aiheuttavat melkoista lisäystä työn yksikköhinnalle, vaikka työvuorossa maksettuina markkoina se ei vielä näy.

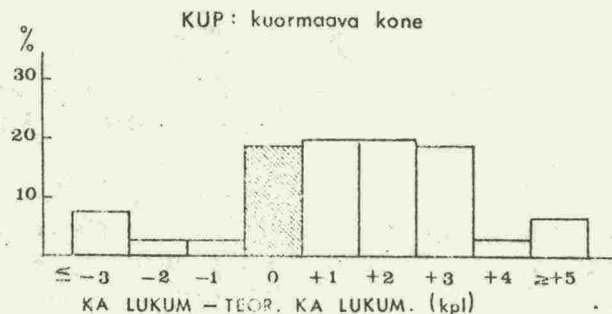
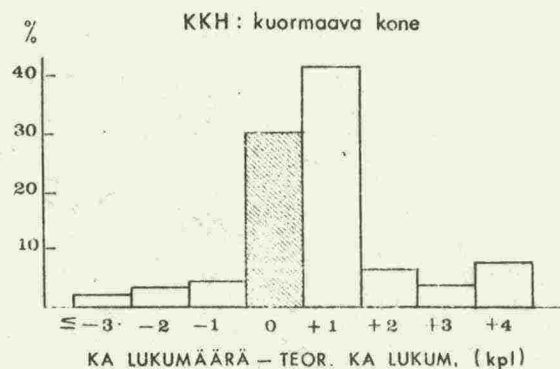
Työketjun toimivuutta on jäljempänä tarkasteltu kahdessa osassa, joista ensimmäisen muodostaa kuormaus-kuljetus ja toisen kuormaus-levitys. Näiden tarkastelujen pohjalta voidaan luoda käsitys massansiirtoketjun valinnan ja mitoituksen vaikutuksista ketjun toimivuuteen ja taloudellisuuteen.

5.2 Kuormaus - kuljetus

Kuljetuskustannus muodostaa merkittävimmän osan koko ketjua ajatellen (kuva 30). Merkitys kasvaa kuljetusmatkan kasvun myötä. Sen vuoksi onkin tarpeellista saada kuljetuskaluston määrä vastaamaan todellista tarvetta sekä toimimaan tehokkaasti.

1.6.1979 otettiin ka-kuljetuksissa käyttöön tuotantopalkkiotaksa, jonka seuranta on osoittanut alkuvaiheessa sen lievää kalteutta verrattuna yksikköhintataksalla ajamiseen. Syitä tähän on haettu myös työnjärjestelystä. Selvää onkin, että yksikköhintataksalla ajettaessa kuljetuskaluston ylimitoitus ei vaikuta suoranaisesti kuljetuksien yksikköhintaan. Tuotantopalkkiotaksa puolestaan vaikuttaa siihen.

Selvää ylimitoitusta automäärissä oli havaittavissa, jos toteutunutta kuljetuskaluston määrää verrataan vastaavaan teoreettiseen nomogrammista (TS-kortit) saatuun arvoon (kuva 31).

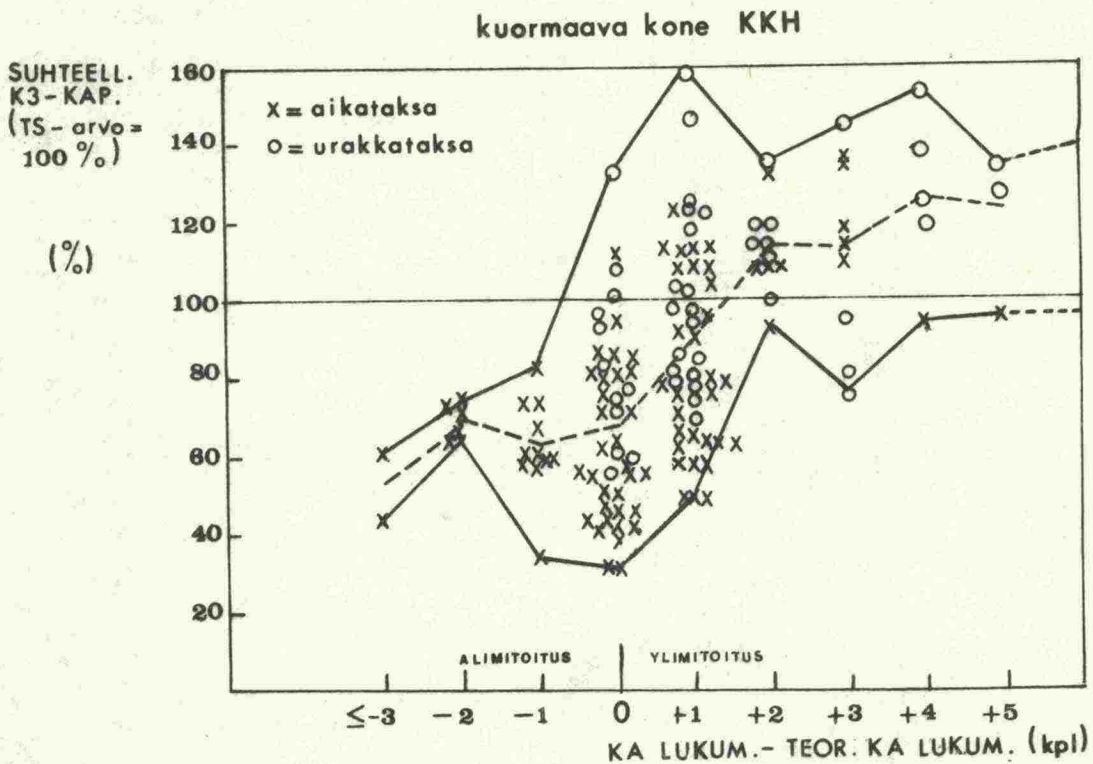


Kuva 31. Kuorma-autojen toteutunut lukumäärä verrattuna teoreettiseen arvoon (TS-kortit)

Ylimitoitus on seurauksena myös siitä, jos kuormauskone ei pääse suunniteltuun kapasiteettiin. Tutkimuksen mukaan kapasiteettitaso oli keskimäärin alhainen, joten osa ylimitoituksesta voidaan katsoa johtuvan tästä.

Ylimitoitus - oli se sitten aiheutunut väärästä mitoituksesta tai väärästä kapasiteettiolettamuksesta - aiheuttaa turhaan yksikköhinnan nousun koko ketju huomioiden. Ainoa tapa korjata asia rakentamisvaiheessa on ketjun toiminnan seurannan kautta saadun tiedon käyttäminen hyväksi viimeistään seuraavan työvuoron alkaessa. Tämä tarkoittaa sitä, että ketjun tasapaino palautetaan työnjärjestelyllisin keinoin ja viimekädessä kaluston määrää muuttamalla.

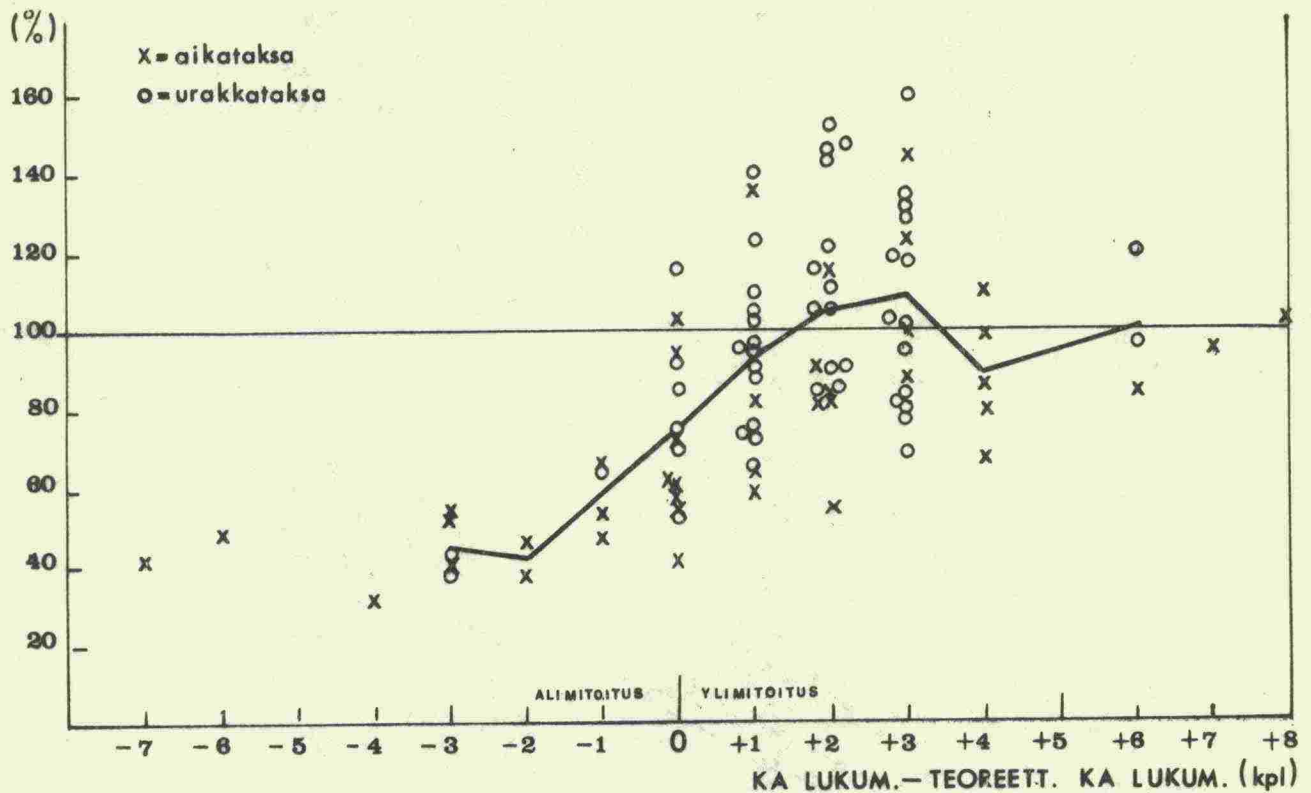
Kuljetuskaluston mitoituksen vaikutusta kuormaajan kapasiteettiin on tarkasteltu kuvissa 32 ja 33.



Kuva 32. Kuljetuskaluston toteutuneen ja teoreettisen määrän eron vaikutus KKH:n toteutuneeseen suhteelliseen kapasiteettiin (TS-arvo = 100 %).

SUhteell.
K3-KAP.
(TS-arvo=100%)

kuormaava kone KUP



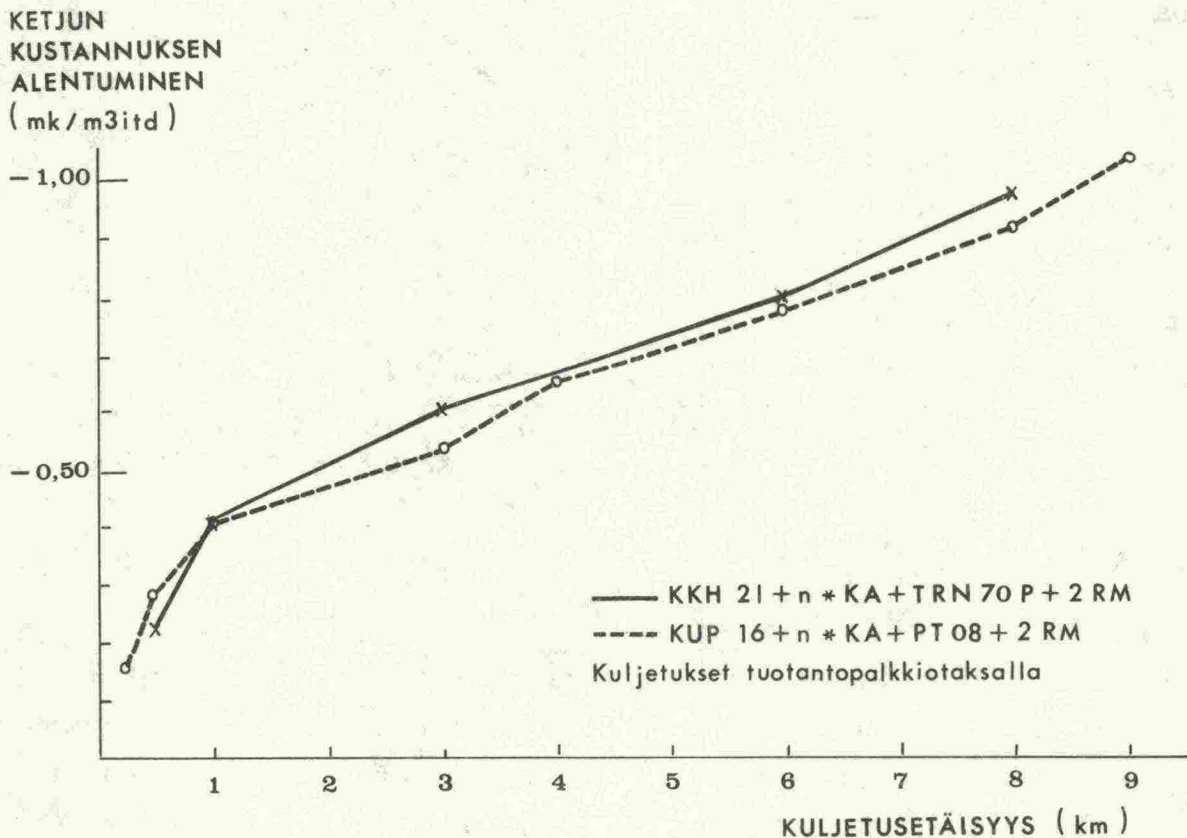
Kuva 33. Kuten edellinen kuva, mutta kuormaavana koneena on KUP.

Kuvien suuret hajonnat johtuvat siitä, että sama automäärä käy, vaikka kuljetusetäisyys jonkin verran vaihtelee eli kyseessä on tietyt rajatapaukset. Kokonaisuutena vastakkaisuudet kuitenkin häviävät.

Keskiarvoja tarkasteltaessa näyttää tehokkuus kasvavan, kun kyseessä on lievä ylimateitus (verrattuna TS-kortin nomogrammeihin). Tehokkuuden kasvu (0 → +1) on 20 %-yksikön (70-75 % → 90-95 %) tasoa (kuvat 32 ja 33). Tämän jälkeen tehokkuuden nousu on vähäisempää.

Jos kuormaustyö toteutetaan tehokkaasti, ei teoriassa automäärää lisäämällä voida kuormaustyötä tehostaa, mutta automäärän alimateitus kyllä pienentää kapasiteettia eli kuljetusmäärää tahdin (ks. kuva 35).

Automäärän lisäyksestä 0 → +1 aiheutuva tehokkuuden suhteellisen tason keskimäärin 20 %-yksikön nousun (kuvat 32 ja 33) vaikutus koko ketjun kustannukseen voidaan esimerkkilaskelmilla osoittaa. Alle 2 km kuljetusetäisyydellä saavutetaan ko. tilanteessa alle 0,50 mk säästö kuutiota kohti ja 8 km etäisyydellä jo n. 1,00 mk säästö (kuva 34).



Kuva 34. Kuljetusketjun mitoituksesta aiheutuvan kapasiteetin muutoksen (70-75 % → 90-95 %) vaikutus koko ketjun kustannusta alentavasti keskimäärin kuljetusetäisyyden funktiona (vuoden 1979 hintataso).

Esimerkkiä ei tietenkään voida soveltaa sellaisenaan kaikkiin tapauksiin. Vasta sitten, jos kapasiteetin alhainen taso on seurannalla todettu eikä kuormauksen työsaavutusta ole voitu kohottaa työnjärjestelyllisin keinoin, on aihetta miettiä kuljetuskaluston lisäyksen mahdollisuutta sekä arvioida mahdollisia kustannusvaikutuksia. Keskimäärin näyttää parannusta työsaavutukseen tapahtuneen lievän ylimitoituksen vallitessa.

Mitoituksen vaikutusta kapasiteettiin ja kustannuksiin selven-
tää myös kuvan 35 esimerkkitapaus. Kuormajalla on tietty mak-
simikapasiteetti, jonka se käytännössä voi saavuttaa, jos kulj-
kalustoa on tarpeeksi. Kuljetuskaluston puute puolestaan vai-
kuttaa kapasiteettia laskevasti.

Ketjun yksikkökustannus on alimmillaan, kun kuljetuskalustoa
on optimimäärä (n kpl). Yleensä tilanne on kuitenkin sellai-
nen (kuten kuvassa 35), että kuormajan maksimikapasiteetin ja
kuljetuskaluston kapasiteetin suoraviivaisten kuvaajien leik-
kauspiste ei satu tarkalleen optimikohtaan (n). Tästä mm.
aiheutuu joko kuormajalle tai kuljetuskalustolle odotusaikaa
ja tämä heijastuu puolestaan yksikköhinnan nousuna.

Kuva 35 osoittaa selvästi, että kuljetuksissa tuotantopalkkio-
taksan käyttö aiheuttaa painetta sille, että kuljetuskapasiteet-
ti ja maksimikuormauskapasiteetti olisivat mahdollisimman lähel-
lä optimikohtaa (n). Muussa tapauksessa yksikkökustannus kas-
vaa.

Ketjun etukäteismitoituksella pyritään saavuttamaan mahdolli-
simman hyvä kokonaisuus, mutta lopullinen toimivuus paljastuu
vasta varsinaisen työn aikana. Toimivuuden selvittämiseksi
tarvitaan seurantaa, jonka eräänä tarkoituksena on huomata
kapasiteetin alhainen taso, odotusajat, tms. seikat, jotka
aiheuttavat välittömiä toimenpiteitä ketjun tasapainottamiseksi.

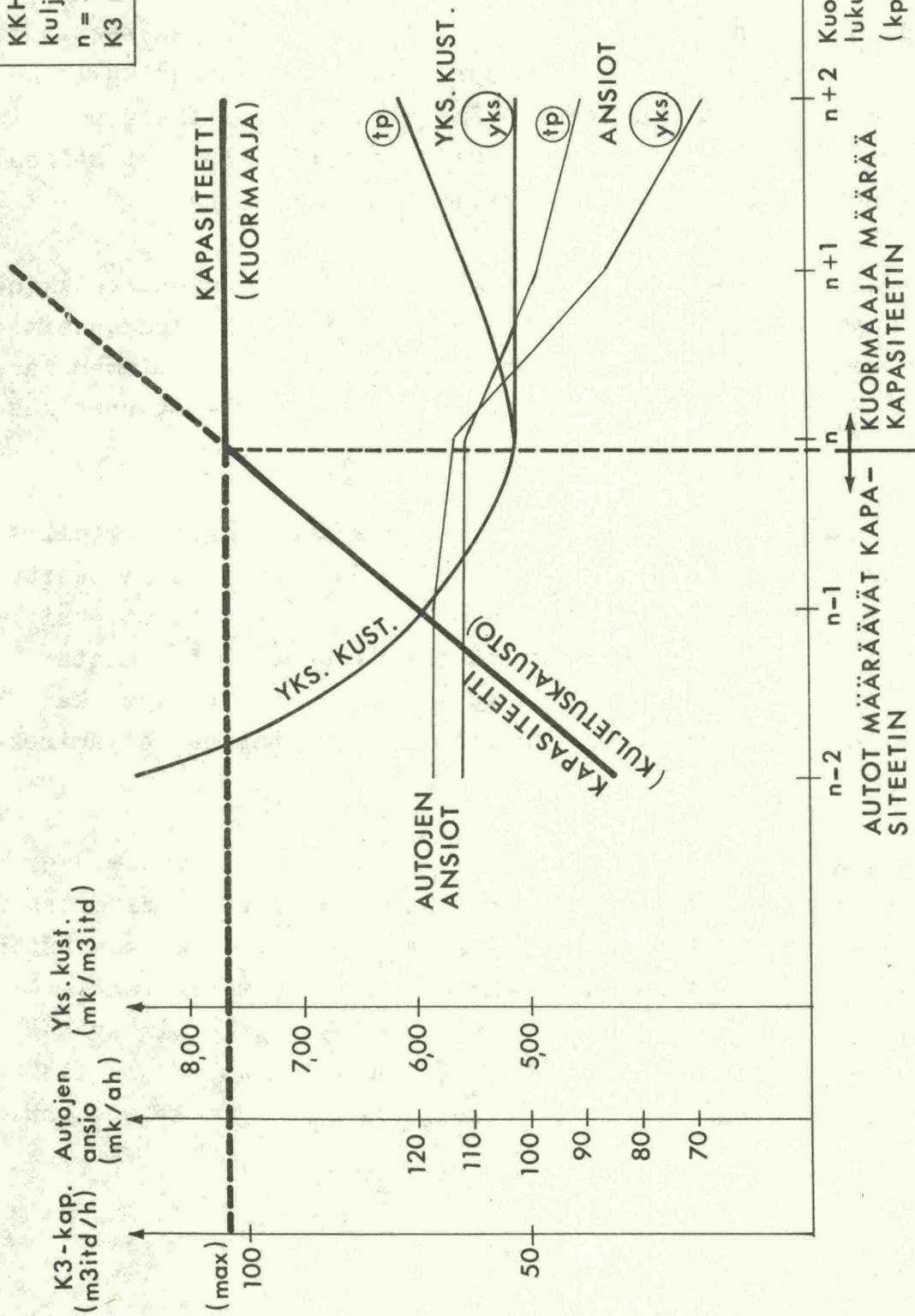
Kuvista 32 ja 33 voi päällisin puolin saada sen vaikutelman,
että TS-kortin mitoitusnomogrammi antaa lievästi alimitoitettun
ketjun. Tämä ei kuitenkaan pitäne paikkaansa, koska käyrästön
arvot ovat K2-kapasiteetin alhaisuuden (alhainen työtahti)
takia n. 20 % alempia, kuin mihin kuormajalla keskimäärin
pystyttäisiin. Tällöin ylimääräiset autot kuormauspaikalla
"hiostavat" kuormajan siihen tehokkuuteen, johon se muutenkin
pääsisi.

KKH 21 + n x KA + PT 08
kuljetusetäisyys 2 km
n = 3
K3 max = 103 m³itd / h

v. 1979 hintataso

tp = tuotanto-
palkkiotaksa

yks = yksikkö-
hintataksa



Kuva 35. Esimerkkitapaus automäärän optimimäärästä poikkeamisen vaikutuksesta työketjun kapasiteettiin ja yksikkökustannukseen. Kuljetusvälineiden ansiotason käyttäytyminen ja eri taksamuodot on otettu myös tarkasteltavaksi.

Alimitoitus aiheuttaa odotusta kuormauskoneelle ja ylimitoitus kuljetusvälineille. Odottelemisen johtaa puolestaan periaatteessa turhiin kustannuksiin. On selvää, että kuljetusketjun haitariliikkeestä johtuen odotuksia syntyy aina, mutta työn mahdollisimman hyvä järjestely minimoi ne.

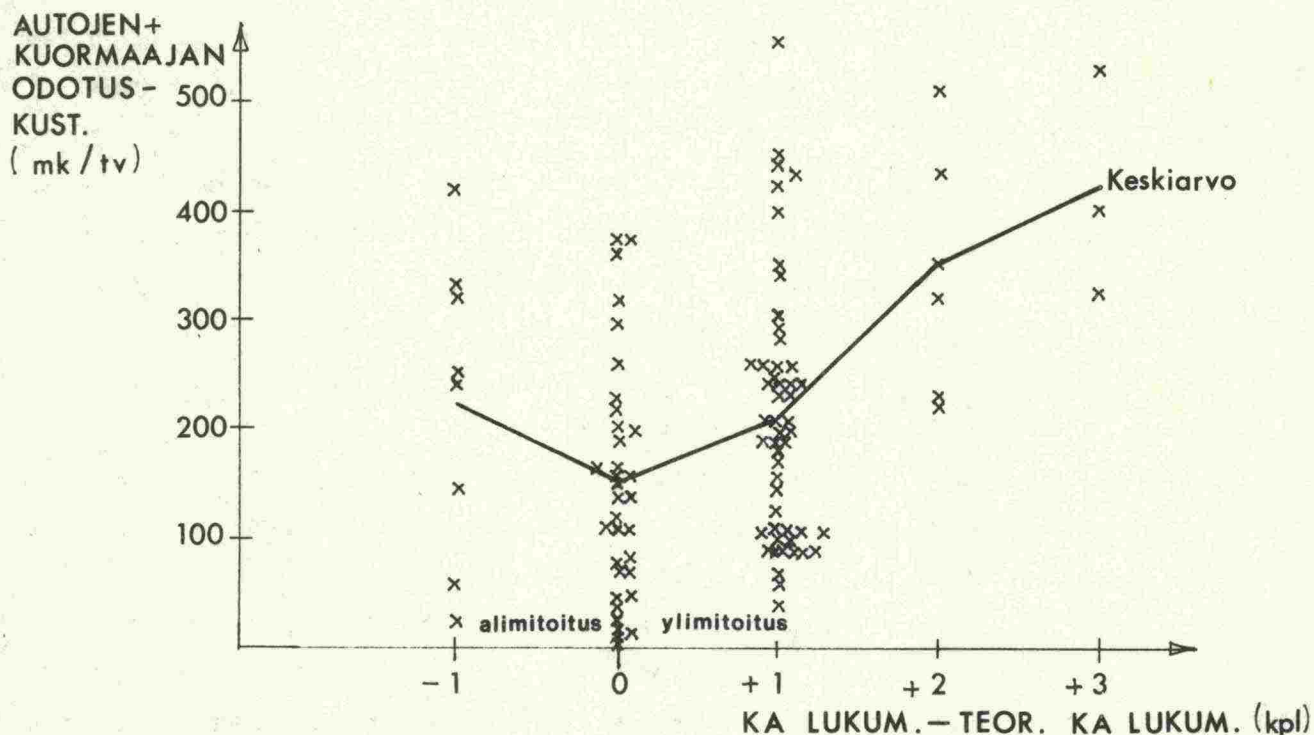
Odotuksista aiheutuvien kustannusten suuruus riippuu siis ketjun mitoituksen oikeellisuudesta sekä myös ketjun toimivuudesta.

Kuviin 36 ja 37 on kerätty autojen ja kuormaaajan tutkimuksesta saadut odotteluajan perusteella lasketut kustannukset työvuoroa kohti erikseen maanleikkaustöistä ja kerrosmateriaaleista. Laskelmissa on huomioitu kuormaaajista aikataksalla tapahtunut kuormaus ja autojen laskennallisena arvona on käytetty tuotantopalkkiotaksan tuntihintaosuutta.

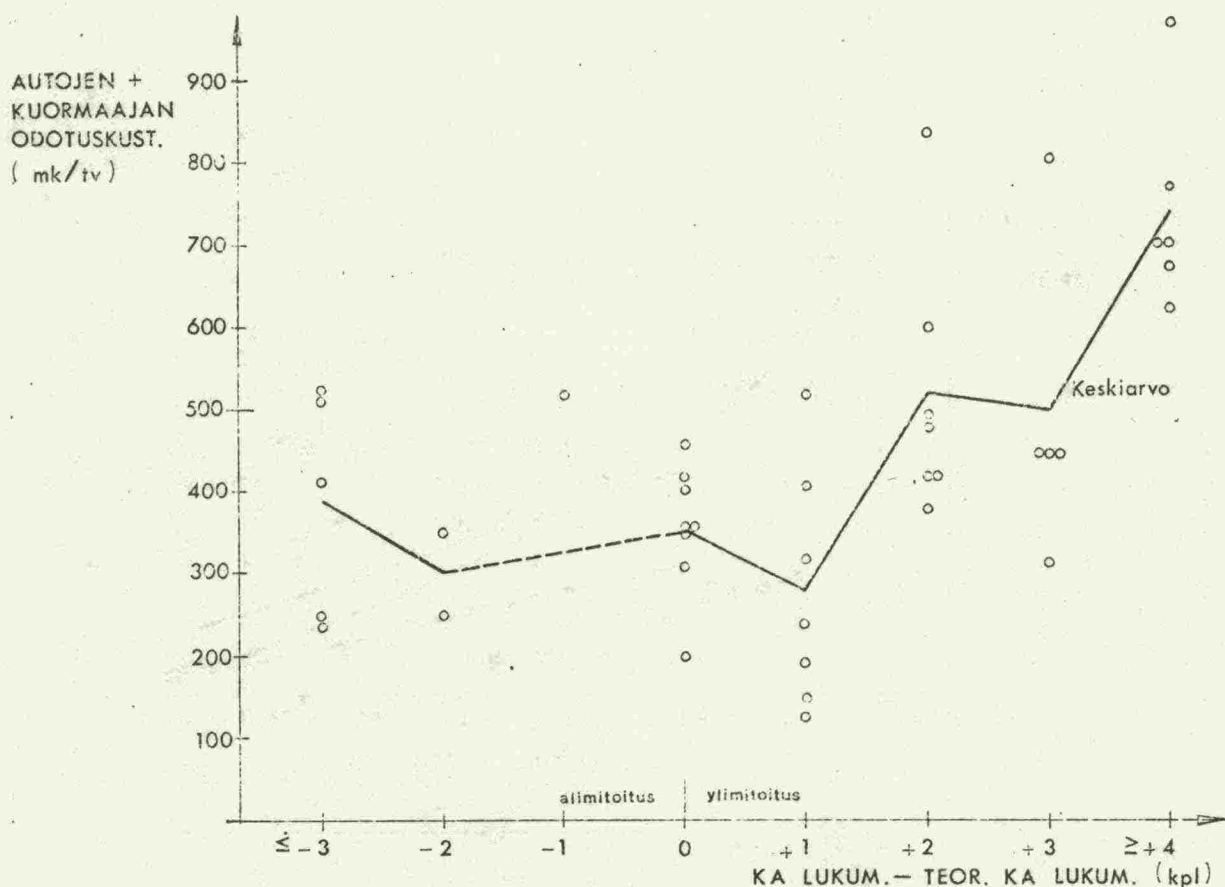
Tulokset osoittavat, että:

- ylimitoitus nostaa jyrkästi odotuksesta johtuvia kustannuksia optimin ollessa, kuten odottaa saattaa, lähellä ketjun optimikohtaa (toteutunut - teoreettinen autojen lukumäärä = 0)
- hajonta on suuri johtuen niistä monista tekijöistä, jotka kukin pieneltä osaltaan vaikuttavat ketjukokonaisuuden toimintaan
- pitkillä kuljetusetaisyyksillä (kuva 37, kerrosmateriaalit) näyttävät odotuskustannukset olevan alimmillaan lievän ylimitoituksen vallitessa, mutta tässä täytyy muistaa, että mitoitusnomogrammi (TS-kortti) antaa lievästi alimitoitettujen autojen määrän varsinkin pitemmillä kuljetusmatkoilla
- alimitoitettu kuljetusketju aiheuttaa odotuksia myös muille ketjuun kuuluville tuntihintaperusteisille resursseille (levitys, miestyö, tiivistys), joita ei kuvissa 36 ja 37 ole huomioitu ja tällöin todellisuudessa kuvien vasemman puolen (miinuspuoli) kustannukset kasvavat koko ketju huomioiden jyrkemmin korostaen entisestään oikean mitoituksen merkitystä

- kaikista havaituista kuormaus - kuljetusketjuista (kuormaus aikataksalla) vain 17 % alitti odotuskustannuksissa 100 mk:n rajan työvuoroa kohti; koska odotuksia aina syntyy, kuten on jo todettu, niin 100 mk/tv voidaan pitää kohtuullisena arvona
- alle 200 mk/tv rajan alitti 41 % ja loput 59 % eli yli puolet ylitti ko. rajan (200 mk/tv vastaa 3-7 % v. 1979/80 toteutuneista työvuoron kuormaus - kuljetuskustannuksista kuljetusetäisyyksillä 1-10 km)
- pyöräkuormajalla kuormattaessa odotuskustannukset ovat suuremmat kuin kaivukonekuormauksessa, sillä massavirta on tällöin suurempi lisäten kuorma-autojen tarvetta, jolloin ketjun toimivuus on heilahtelualttiimpaa
- markkamääriä tarkasteltaessa on vielä huomattava, että normaalia lyhyempää työvuoron pituutta ei ole erikseen huomioitu, vaan kysymyksessä on keskiarvo sen hetken tilanteesta.



Kuva 36. Kuorma-autojen ja kuormajaan odotuksista aiheutuneet kustannukset työvuorossa (KKH, aikataksa).

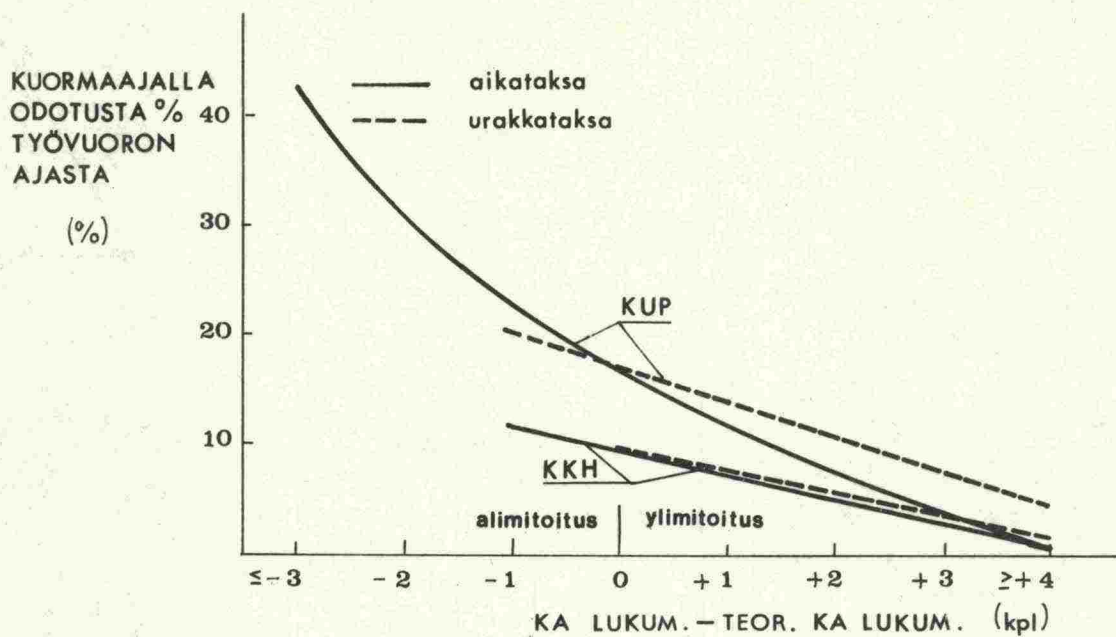


Kuva 37. Odotuskustannukset työvuorossa (KUP, aikataksa).

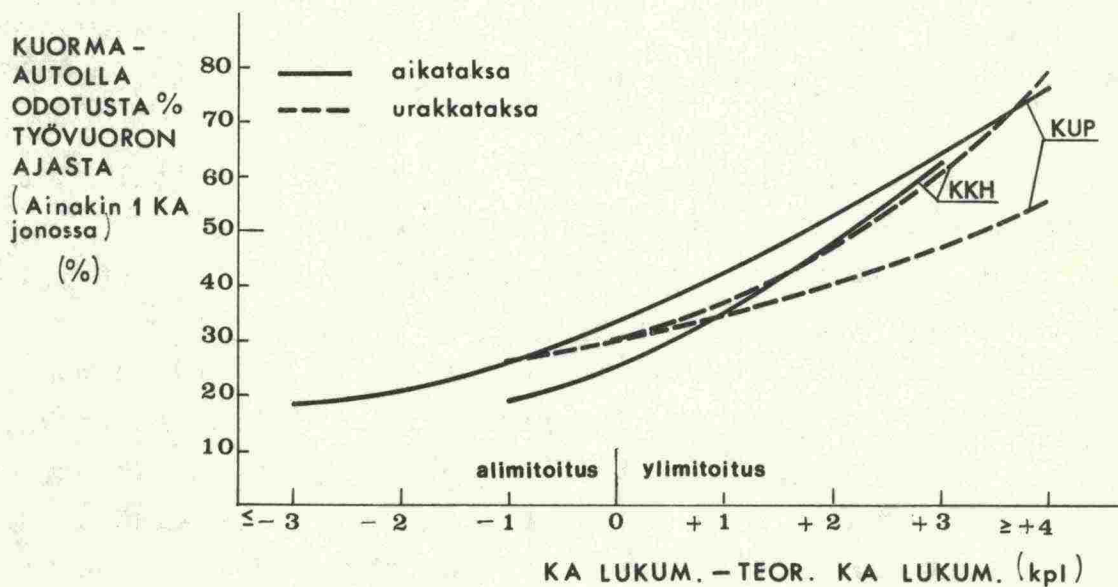
Urakkataksalla työskenneltäessä ei odotuskustannuksia laskettu. Tarkastelun lähtökohdaksi asetettiin kuormaaajan autonodotus-% ja autoille keskimääräinen jonossaoloaika eli kuormaaajan odotus, jolloin vähintään 1 auto oli jonottamassa.

Eri taksamuotojen odotus-%:ja eri mitoitustilanteissa verrattaessa voidaan todeta (kuvat 38 ja 39):

- ketjun toiminnasta aiheutuva odotus ei paljon eri taksalajeilla
- urakkataksan aikaisemmin todettu suurempi työvuorokapasiteetti (K3) johtuu näinollen siitä, että työvuoro käytetään paremmin hyväksi eli työn keskeytykset vähentyvät
- urakkataksan myös jo todettu suurempi menetelmäkapasiteetti (K2) johtuu siitä, että työvauhti on selvästi parempi
- KUP:lle tulee helpommin odotusta, koska kuormauskapasiteetti on suurempi kuin KKH:lla ja kuljetusetäisyydet ovat pitempiä



Kuva 38. Kuormaajalle ketjun toiminnasta aiheutunut odotusprosentti työvuoron ajasta laskettuna eri mitoitus-tilanteissa.



Kuva 39. Kuorma-autoille ketjun toiminnasta aiheutunut odotusprosentti työvuoron ajasta, jolloin siis ainakin yksi auto on ollut jonottamassa.

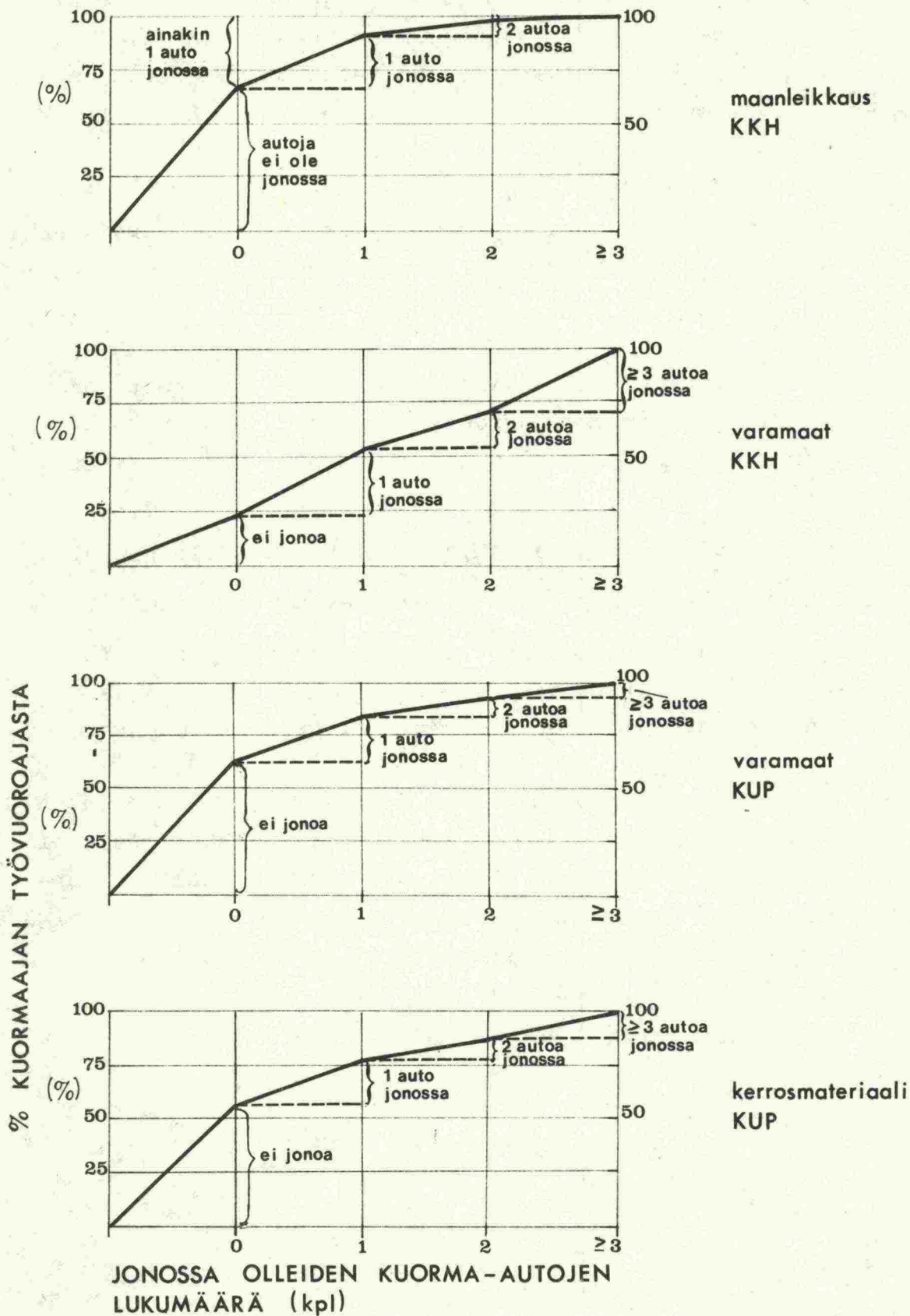
Ketjun toimivuutta kuvaa myös optimi-tilanteissa tapahtunut kuormaajan odottelu sekä kuorma-autojen jonottaminen. Keskimääräinen odotus työvuoron ajasta laskettuna on KKH:lla 10 % ja KUP:llä 17 % (kuvat 38 ja 39), kun ketju on mitoitettu optimiksi. Luvut ovat selvästi suurempia kuin mitä haitariliike huomioiden pitäisi olla.

Ottaen huomioon kuljetusetäisyydet voidaan eräänlaiseksi hukkaajaksi arvioida 3-7 % työvuoron ajasta. Kyse on siis ketjun toiminnan häiriöistä, jotka aiheuttavat odottelua kuormajalle.

Kuorma-autoilla vastaava keskimääräinen odotusprosentti oli 30 %, jolloin ainakin yksi auto oli jonossa. Kyse on osaksi ketjun toiminnan häiriöistä, mutta luvun suuruuteen vaikuttavat myös:

- kuormaajien ajankäyttö (aputöitä tehdään väärällä hetkellä)
- kuormaajan työn keskeytykset (liikenne, tauot, työnjohto yms.)
- kuorma-autojen optimimäärä ei aina satu yhteen todellisen tarpeen kanssa (kulj.etäisyys vaihtelee, kuormaajan ja autojen maksimikapasiteetit eivät satu tarkalleen yhteen).

Kaikki ketjut huomioiden joutuivat kuorma-autot odottelemaan eniten, kun kuljetusmatkat olivat pitkiä (kuva 40). Näin oli laita KKH:lla varamaiden ja KUP:lla kerrosmateriaalien kuorauksessa. Tämä on saattanut olla yhtenä vaikuttavana tekijänä siihen, että KKH:n kapasiteettitaso oli varamaiden osalta parempi kuin varsinaisessa leikkaustyössä.

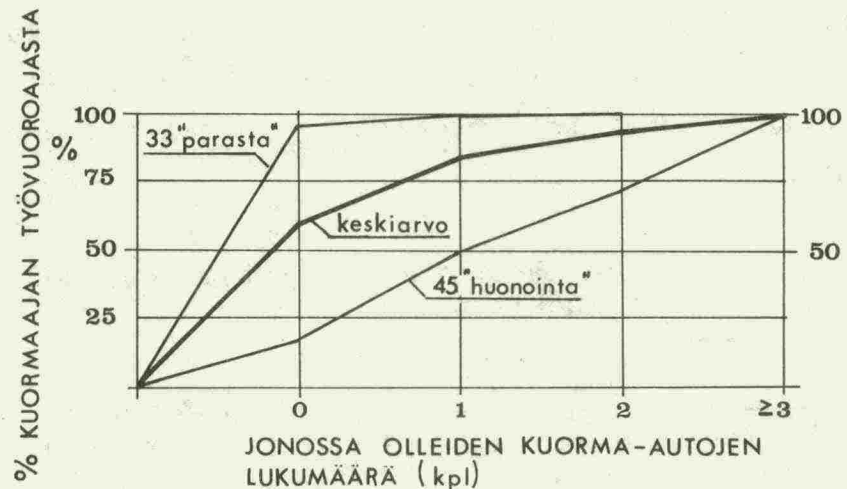


Kuva 40. Kuorma-autojen toteutunut jonossaolo kuormaaajan työvuoroajasta (sis. myös yli- ja alimitoitettut ketjut).

Kuvassa 41 on esitetty kaikkien ketjujen kuorma-autojen keskimääräinen toteutunut jonossaolo sekä 33 "parhaan" ja 45 "huonoimman" ketjun vastaavat keskiarvokäyrät osoittamaan ketjujen suurta vaihtelevuutta.

33 "parasta" ketjua vastaa v. 12 % havainnoista. Lukumäärä koostuu niistä tapauksista, jolloin vähintään 90 %:ssa ajasta ei ole ollut jonotusta kuormauspäässä eli ketju on joko alimitoitettu tai oikein mitoitettu ja toimii hyvin.

45 "huonointa" ketjua vastaa n. 16 % havainnoista. Lukumäärä koostuu niistä tapauksista, jolloin vähintään 70 %:ssa ajasta on ainakin 1 auto ollut jonossa kuormauspäässä eli työketju on ylimitoitettu tai ketju ei muuten toimi kunnolla.



Kuva 41. Kuorma-autojen jonotusaikaosuuksien keskiarvo sekä ketjujen vaihtelevaa mitoitusta ja toimivuutta kuvaavat ääritapausten keskiarvokäyrät.

5.3 Kuormaus - levitys

Levityskoneen valinta tapahtuu sen jälkeen, kun kuormaava kone on valittu. Määräävänä tekijänä on työsaavutus. Levityskoneen on pystyttävä suoriutumaan saapuvan materiaalin levittämisestä. Valinnalle on esitetty "nyrkkisääntö":

LEVITYSKONEEN K3-kap. \geq KUORMAAJAN K2-kap.

Tällä lievällä ylimitoituksella on tarkoitus varmistaa, ettei muu työketju (kuormaus-kuljetus) joudu odottelemaan levityksen takia.

Em. mitoitusäännöistä tuskin on pidetty kiinni, kun verrataan levityskoneiden jakautumista toteutuneille kuormauskapasiteeteille (taulukko 18). Tietoisuus siitä, että levityskoneet pystyivät yleensä levittämään saapuneen materiaalin vaikeuksista, antaa aiheen väitteelle: levityskoneen valintaan ei ole kiinnitetty erityistä huomiota ja usein pienempikin kone olisi ollut käyttökelpoinen.

Taulukko 18. Penkkakoneiden esiintyminen kuormauskapasiteettiluokittain.

Toteutunut kuormauskapasiteetti K2 (m ³ itd/h)	Penkkakonejakautuma (%)		
	PT 08	TRN 70P	MUUT
- 99	31,7	44,4	59,3
100 - 124	8,5	5,6	5,4
125 - 149	25,6	11,1	20,5
150 -	34,2	38,9	14,8
yht.(%)	100,0	100,0	100,0
jak.(%)	64,6	14,2	21,2
			100,0

Sitomattomien päällysrakennekerrosten osalta TS-tietojen ja käytännön tietojen näkemys eri levityskoneiden soveltuvuudesta on ristiriitainen.

TS-tiedot ilmoittavat, että esim. KUP 09 kuormatessa eristys- tai jakavan kerroksen materiaalia mikään levityskone, tiehöylää lukuunottamatta, ei ehdi levittää 0,2 m:n kerrospaksuuteen. KUP 19 kuormatessa vain PT 08 ja JK 20 P ehtivät levittää 0,6 m:n kerrospaksuuteen. Tutkimus kuitenkin osoitti, että levityskoneet selviytyvät myös ison KUP:n kuormatessa (kerrospaksuudet vaihtelivat keskimäärin 0,3-0,5 m).

Jos lähdetään TRN 70 P:n keskimääräisä olosuhteita vastaavasta kapasiteetista 120 - 130 m³itd/h (K3-kap., TS-tieto), olisi PT 08:sta n. 40 % ja muista levityskoneista n. 65 % ollut korvattavissa TRN:llä. Riippuen materiaalin tulokapasiteetista saavutetaan halvemmalla koneella tällöin tietty säästö (kts. kuva 24).

Läjityksen osalta toteutuneita kuormauskapasiteetteja vastaava läjityskonejakautuma kertoo erittäin selvästi juuri sen, että yleisesti suosittu kone PT 08 on otettu läjitysalueelle, vaikka erityisen suurta kapasiteettitarvetta ei ole ollutkaan (taulukko 19). Erittäin käyttökelpoinen ratkaisu on hankkeella olevan pienen KUP:n käyttö, sillä se voi liikkuvampana koneena käydä vain tarvittaessa läjitysalueella. Tämä tietysti sillä edellytyksellä, että siirtomatkat eivät ole pitkiä (laskennallinen seikka), eivätkä läjitysalueen olosuhteet ole liian vaikeat KUP:lle.

Taulukko 19. Läjityskoneiden esiintyminen kuormauskapasiteettiluokittain.

Toteutunut kuormauskapasiteetti K2 (m ³ itd/h)	Läjityskonejakautuma			
	PT 08	TRN 70P	MUUT	
- 99	63,9	60,0	30,8	
100 - 149	30,5	40,0	7,7	
150 -	5,6	-	61,5	
yht.(%)	100,0	100,0	100,0	
jak.(%)	66,7	9,3	24,0	100,0

6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUUNTAUKSET

Tässä raportissa on analysoitu koneiden käyttöä ja pyritty löytämään toiminnalle erilaisia syy-yhteyksiä, jotta tehostustoimenpiteet osattaisiin kohdistaa oikeille alueille. Analysoinnissa on tarkoituksellisesti etsitty esiin juuri ongelmia, joiden poistamiseksi tämä raportti on pääasiassa laadittu.

Ongelmien voimakas esiintuonti saattaa antaa negatiivissävyisen kuvan nykytilasta. Puutteita ja tehostustarvetta kyllä esiintyy koneiden käytön alueella melko runsaasti, mutta on väärin kuvitella, että kaikki ongelmat esiintyisivät aina kaikilla hankkeilla.

Massansiirtoketjun muodostamisessa ja toimivuudessa on nähtävissä monia puutteellisuksia:

- konevalinnat tehdään erillisinä muusta ketjusta, jolloin ketjun koneet eivät kapasiteetiltaan vastaa useinkaan toisiaan
- koneet vuokrataan liian helposti tuntitaksalla vaikka yksikköhintataksan käyttö olisi edullisempaa
- työkohteen suunnittelu jää varsin vähälle, joka on suurena esteenä pyrittäessä yksikköhintataksojen käyttöön kuormauksessa eli urakoitsijat eivät saa riittävän tarkkoja tietoja tarjouksiinsa
- tuntitaksan käyttö sisältää ajankäytön suhteen paljon "tyhjää" sekä vaikuttaa työvauhtia alentavasti josta on seurauksena koko ketjun toimivuuden alentuminen aiheuttaen yksikköhinnan kasvua
- kuljetuskaluston mitoituksessa on paljon eri tapoja, joista luotettavin ei ole välttämättä sormituntuma
- koneita valittaessa ja ketjuja muodostettaessa ei tehdä vaihtoehtoisia yhdistelmiä, vaan tyydytään tavanomaiseen työn alkaessa ei tehdä useinkaan tarpeellisia työkohe-suunnitelmia, joita apuna käyttäen työn tehokkuutta voitaisiin selvästi seurata ja näin tarttua puutteisiin

- työnjärjestelyjä kyllä tehdään, mutta usein unohdetaan, että se on jatkuvaa koko työn ajan tapahtuvaa toimintaa; työnjärjestelyllähän nimenomaan luodaan edellytykset työn taloudelliseen toteuttamiseen; kaikkiaan työnjärjestelyn taso ei ole noussut, vaan pientä "repsahdusta" on ollut havaittavissa
- konetyön kriittisellä tarkastelulla työnjohto voisi tehostaa työskentelyä paikanpäällä työkohteessa.

Edellä on lueteltu yksittäisiä kohtia, joissa on havaittu puutteita. Monet kohdat riippuvat toisistaan, joten yksittäisen kohdan tehostamiseen tähtääviä keinoja ei voida aina määrittää, vaan on tähdättävä kokonaisuuteen eli koko suunnittelu - toteutus - seurantaprosessin kehittämiseen.

Kokonaisuutta ajatellen toimenpiteinä tulisivat kysymykseen seuraavat asiat:

1. Koneiden hankintamenettelyn kehittäminen niin, että voidaan lisätä yksikköhintataksan käyttöä kuormaustyössä. Tämä edellyttää työkohteesta hyvää etukäteissuunnitelmaa massamäärien, materiaalien ja työn ajankohdan suhteen. Hankkeen pitäisi voida myös saada juuri sellainen kone kuin se haluaa, mikä edellyttää useimmiten hankekohtaisia tarjouspyyntöjä.
2. Koneiden ja koko ketjun valinta ei saa perustua vain yhteen laskettuun ketjuun, vaan vaihtoehtoisia ketjuja ja toteuttamistapoja on tehtävä useita, jotta löydettäisiin kokonaisuuden kannalta paras vaihtoehto. Tällä menettelyllä voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä.
3. Ketjun mitoituksessa levityskone valitaan kuormaajan kapasiteetin perusteella eikä kuten nykyään, että otetaan PT 08, sillä muitakin vaihtoehtoja on olemassa. Kuljetuskaluston määrä riippuu kuormaajan kapasiteetista, kuljetusetaisyydestä, lavakoosta, kuljetusteistä jne. Mitoitukseen on olemassa hyviä ohjeita, joita on syytä käyttää.

4. Työkohdesuunnitelmat on tehtävä sillä tarkkuudella, että tehokkuuden ja taloudellisuuden työvuorotason manuaalinen seuranta mahdollistuu eli tavoitteiden suunnittelu voidaan tehdä.
 5. Tehokkuuden seuranta antaa tietoja siitä, kuinka työkohteessa on työvuoron aikana pärjätty. Puutteellisuuksien selvittämiseksi on seurattava erikseen eri ketjun osien tehoa ja toimivuutta. Taloudellisuutta ajatellen olisi pitemmällä tähtäyksellä siirryttävä koko ketjun yhteisseurantaan, jolla olisi merkitystä myös ketjun suunnitteluvaiheessa. Tällä hetkellä näin ei menetellä, joka johtuu nimenomaan konkreettisten esimerkkien puutteesta. Seurannan kautta saadaan jatkuvasti toteutumatietaa, jota tarvitaan työnjärjestelyn tason ylläpitämiseksi ja kohottamiseksi. Seurannan systematisoinnissa voidaan käyttää apuna tempukortteja.
 6. Kaikille suunnittelussa ja toteutuksessa mukana olijoille on annettava jatkuvasti koulutusta, jotta:
 - uudet, hyväksihavaitut menetelmät saisivat jalansijaa
 - kustannustietous lisääntyisi toteutusportaassa
 - ohjekirjojen käyttöä voitaisiin opettaa
 - toimenpiteiden vaikutustietous lisääntyisi monipuolisemman näkemyksen aikaansaamiseksi ja taloudellisen ajattelutavan kehittämiseksi
 - motivaatio toiminnan parantamiseksi lisääntyisi.
-